المجلد 37
2
أكتوبر
ديسمبر

عالم الفكر

الاحترار العالمي



مجلة دورية محكّمة تصدر عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت



مجلة فكرية محكّمة ، تهتم بنشر الدراسات والبحوث المتسمة بالأمانة النظرية والإسهام النقدي في مجالات الفكر المختلفة.

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج العربي	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	**6** د.ك
للمؤسسات	**12** د.ك

دول الخليج

للأفراد	**8** د.ك
للمؤسسات	**16** د.ك

الدول العربية

للأفراد	**10** دولارات أمريكية
للمؤسسات	**20** دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	**20** دولارا أمريكيا
للمؤسسات	**40** دولارا أمريكيا

تسدد الاشتراكات مقدما بحوالة مصرفية باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب مع مراعاة سداد عمولة البنك المحول عليه المبلغ في الكويت وترسل على العنوان التالي:

السيد الأمين العام

للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

ص. ب: **23996** -الصفاة- الرمز البريدي **13100**

دولة الكويت

مجلة فصلية تصدر

عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب



عالم الفكر

العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

تم التنضيد والإخراج والتنفيذ

بوحدة الإنتاج في المجلس الوطني

للثقافة والفنون والآداب

الكويت

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

شارك في هذا العدد



د. مصطفى عباس معرفي
د. ياسين بن عبدالرحمن الشرعبي
د.م. سفيان التل
د. بالقاسم المختار
د. إبراهيم عبدالجليل
د. ضاري ناصر العجمي
د. وهيب عيسى الناصر
د. يوسف تيبس
د. عادل عوض ود. جمال عمران
وأ. أحلام محمد

قواعد النشر بالمجلة

ترحب المجلة بمشاركة الكتاب المتخصصين وتقبل للنشر الدراسات والبحوث المتعمقة وفقا للقواعد التالية:

1 ـ أن يكون البحث مبتكرا أصيلا ولم يسبق نشره.

2 ـ أن يتبع البحث الأصول العلمية المتعارف عليها وبخاصة في ما يتعلق بالتوثيق والمصادر، مع إلحاق كشف المصادر والمراجع في نهاية البحث وتزويده بالصور والخرائط والرسوم اللازمة.

3 ـ يتراوح طول البحث أو الدراسة ما بين ١٢ ألف كلمة و١٦ ألف كلمة.

4 ـ تقبل المواد المقدمة للنشر من نسختين على الآلة الطابعة بالإضافة إلى القرص المرن، ولا ترد الأصول إلى أصحابها سواء نشرت أو لم تنشر.

5 ـ تخضع المواد المقدمة للنشر للتحكيم العلمي على نحو سري.

6 ـ البحوث والدراسات التي يقترح المحكمون إجراء تعديلات أو إضافات إليها تعاد إلى أصحابها لإجراء التعديلات المطلوبة قبل نشرها.

7 ـ تقدم المجلة مكافأة مالية عن البحوث والدراسات التي تقبل للنشر، وذلك وفقا لقواعد المكافآت الخاصة بالمجلة.

■ ترسل البحوث والدراسات باسم الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص. ب: 23996 ـ الصفاة ـ الرمز البريدي 13100 دولة الكويت

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

المحتـــــــوى

الاحترار العالمي

7 التغيير المناخي - - - - - - - - - - مصطفى عباس معرفي

17 الأسس العلمية للاحتباس الحراري - - - - - - د. ياسين بن عبدالرحمن الشرعبي

47 الاحتباس الحراري - - - - - - - - - - د.م. سفيان التل

99 كيوتو وخلفيات المواقف الدولية - - - - - - - د. بالقاسم المختار

125 التغيرات المناخية وقطاع الأعمال: الفرص والتحديات - - - - د. إبراهيم عبدالجليل

157 التغيرات المناخية وأثرها في البيئة - - - - - - د. ضاري ناصر العجمي

185 تقرير حول: آلية التنمية النظيفة ودورها في تحقيق بيئة نظيفة - - د. وهيب عيسى الناصر

آفاق معرفية

245 معيار العلم أو القابلية للإبطال - - - - - - - د. يوسف تيبس

305 استخدام نظرية المجموعات الضبابية في إيجاد الحل الأمثل - - - - عادل عوض
لمسائل اتخاذ القرار المتعدد المعايير في الحقل الهندسي البيئي وجمال عمران وأحلام محمد



لا يختلف اثنان على أن ظاهرة «الاحتباس الحراري» تشكل خطرا كبيرا على الإنسان، فمنذ بداية هذا القرن لم تقتصر هذه الظاهرة على قاعات الدرس والمؤتمرات المتخصصة، بل تعدتها لتصبح واقعا معيشا في كوكب الأرض، يشعر به الجميع من حيث التغير في درجات الحرارة. وليس الاحتباس الحراري إلا ظاهرة لسبب أعمق وأشمل وهو «الاحترار العالمي». إن الاحترار العالمي. كغيره من الظواهر السلبية. جاء نتيجة لسوء استغلال الإنسان موارد الأرض وقسوته في التعامل معها، فارتفاع معدل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء سبَّبَ حبس الحرارة داخل الغلاف الجوي، ما أدى إلى ارتفاع مطرد في درجات الحرارة مدفوع بتغير في مناخ الأرض ينذر بوقوع كوارث تهدد الوجود البشري على هذا الكوكب، ومن ثم رأت مجلة «عالم الفكر» أن تسلط الضوء على هذه المشكلة في العدد الذي بين أيديكم.

يحتوي هذا العدد على مقدمة وخمس دراسات، بالإضافة إلى تقرير. في المقدمة تمهيد للدكتور مصطفى معرفي عن التغير المناخي، يشكل مدخلا مميزا لهذا المحور، ويقدم الدكتور ياسين الشرعبي دراسة حول الأسس العلمية لاحتباس الحرارة يفرق من خلالها بين الاحتباس الحراري كظاهرة علمية والاحترار العالمي وما ينتج عن ذلك من تغيرات مناخية، ويعرض الدكتور سفيان التل في الدراسة الثانية في هذا المحور (الاحتباس الحراري) تقارير الأمم المتحدة عن التغير في المناخ، مستعرضا السيناريوهات المحتملة في ذلك، بينما تناقش الدراسة الثالثة في هذا العدد للدكتور بالقاسم مختار بعنوان «كيوتو وخلفيات المواقف الدولية» بروتوكول اتفاقية كيوتو

والصراع الدولي القائم بشأنها بين الدول المؤيدة والدول المعارضة، وتفتح الدراسة الرابعة للدكتور إبراهيم عبدالجليل «التغيرات المناخية وقطاع الأعمال: الفرص والتحديات» باب الأمل أمام قطاع الأعمال في الاستثمار في مجال الأسواق المتوافقة مع ظاهرة الاحترار العالمي، مثل سوق الطاقات المتجددة والطاقات البديلة بوصفها بابا جديدا لرجال الأعمال المستثمرين. أما في الدراسة الخامسة المعنونة بـ «التغييرات المناخية وأثرها في البيئة» فيلقي الدكتور ضاري العجمي الضوء على التغييرات البيئية، المتوقعة وآثارها السلبية في الإنسان والأرض، ونختتم هذا العدد بتقرير للدكتور وهيب الناصر عن «آلية التنمية النظيفة في دول مجلس التعاون الخليجي»، وهو يحتوي على معلومات قيمة في هذا المجال.

وتأمل أسرة تحرير «عالم الفكر» أن تكون هذه الدراسات قد أسهمت في تقديم فهم علمي وإيجابي لظاهرة الاحتباس الحراري، التي باتت تشكل مصدر قلق متزايد للأفراد والحكومات على حد سواء، وذلك بعيدا عن الجدل والتجاذبات أبطالها فئات من السياسيين وأشباه العلماء الذين يجنح فريق منهم نحو إنكار تلك الظاهرة، بل والتقليل من آثارها السلبية، باعتبارها ظاهرة طبيعية عادية ليس فيها جديد ولا تستحق القلق أو اتخاذ أي إجراءات خاصة إزاءها، بينما يتطرف الفريق الآخر في المغالاة بآثارها الكارثية والمدمرة ما لم يُتصد لها بأي ثمن وكأن القيامة ستقوم غدا.

ولا شك في أن مواجهة أي ظاهرة طبيعية أو غيرها تحتاج أولا إلى أن تدرس على أسس علمية وذلك لفهمها ولتحديد حجمها وأسبابها، ومن ثم اقتراح الحلول العملية على أساس من العلم لتفادي آثارها، وهو ما نحاول أن نلفت إليه الانتباه في هذا العدد من دون إفراط أو تفريط.

رئيس التحرير

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

التغير المناخي

د. مصطفى عباس معرفي (*)

توطئة

من السلوك النمطي لدى الأغلبية منا عدم الاكتراث بنشرة الأرصاد الجوية إلى حد عدم تصديق توقعات حالة الطقس ضمن نطاق بقعة معينة من الكرة الأرضية وعلى مدى زمني لا يتجاوز بضعة أيام. بل إن من الشائع أن نتندر بالجملة التي ينهي بها عادة مقدمو الأرصاد الجوية نشرتهم والمتمثلة بمقولة «والله أعلم».

فعلى الرغم من الحق الأبلج الذي تنطق به المقولة، لكننا وبشكل لا شعوري نعزي الاستدلال بها إلى عدم دقة علم الأرصاد، فضلا عن عدم اعتبار الكثيرين لهذا الحقل ضمن الحقول العلمية المتعارف عليها. ولا يتوقف هذا السلوك النمطي نحو علم الأرصاد على شعب معين أو خلفية اقتصادية أو ثقافية معينة، بل يغطي طيف البشر كلهم.

علم الأرصاد الجوية حقل من حقول المعرفة الإنسانية، يعتمد أساسا على علوم الإحصاء والنمذجة الحاسوبية في استقراء حالة الطقس على مدى زمني محدد، ومن هذا المنظور لا يختلف هذا العلم عن حقول علمية أخرى في اعتمادها على أساليب النمذجة وطرق المحاكاة والدوال الإحصائية في تفسير العديد من الظاهرات الطبيعية وللحصول على متوسط لكميات فيزيائية تقرأها مجساتنا المختلفة. بل تمتد تطبيقات علوم الإحصاء لتشمل حقول الصيدلة والعلوم الاجتماعية والاقتصادية والمالية، ولا نجد من يشكك في النتائج المستخلصة من هذه التطبيقات كما نجده في علم الأرصاد الجوية. خذ مثلا على ما نذهب إليه مفهومي درجة الحرارة والضغط نسوقهما تبيانا لأهمية علم الإحصاء، فعلى المستوى المجهري (Micro) تتحرك ذرات أو جزيئات غاز

(*) أستاذ الفيزياء - كلية العلوم - جامعة الكويت - دولة الكويت.

ما بسرعات مختلفة وفي جميع الاتجاهات، وعند اصطدام هذه الجزيئات بالسطح الداخلي للوعاء الحاوي للغاز تتبادل كمية حركة معينة مع هذا السطح. ومن ناحية مبدئية، يمكننا تتبع حركة كل جزيء (لو كان بالإمكان تمييز بعضها عن بعض)، وتطبيق قوانين الحركة عليها لاستخلاص مسار هذه الجزيئات وطاقاتها وكمية الحركة لكل منها. لكن، حتى لو أمكننا تمييز الجزيئات بعضها عن بعض، وكان في متناول حواسيبنا الفائقة تتبع مسار حركة كل منها، فإن القيام بهذا الجهد عبث لا طائل من ورائه وهدر للجهد والمال من دون أن نجنيٍ في نهاية المطاف شيئا، سواء على المستوى العلمي أو العملي. لكن تطبيقات علم الإحصاء في هذا المجال وباتخاذ فرضياتٍ مناسبة، من أهمها عدم تمييز الجزيئات بعضها عن بعض، تؤدي إلى استخلاص كميتين فيزيائيتين مهمتين على المستوى الجاهري (Macro)، هما درجة الحرارة وضغط الغاز. فالمفهوم الأول يتعلق بمتوسط طاقة الحركة (أو إن شئت الدقة العلمية الطاقة الداخلية) لجزيئات الغاز، بينما يعبر قياس الضغط عن متوسط المعدل الزمني لكمية الحركة المتبادلة بين الجزيئات والسطح الداخلي للوعاء الحاوي للغاز.

وبالطريقة نفسها يعالج علم الأرصاد الجوية المعطيات المتوافرة التي تشمل خريطة الضغط الجوي وتوزيع الرطوبة النسبية وسرعة واتجاه الرياح، ليرسم ضمن أطر فرضيات مناسبة سيناريو لتوقعات حالة الجو في منطقة معينة، وعلى مدى زمني محدد. وبذلك فإن نتائج عرض النشرة الجوية تعكس احتمال حالة الجو من درجة حرارة ورطوبة وسرعة رياح وضغط جوي ونسبة التهطال. والاحتمال لا يعني اليقين بطبيعة الحال، لكن المهم في الأمر هو نسبة هذا الاحتمال، فكلما ارتفعت هذه النسبة ارتفعت درجة اليقين، وطبيعة الحياة في مجملها طبيعة احتمالية نهيئ الأسباب لأكثر السيناريوهات احتمالا، وبذلك نطبق عمليا مفهوم الحديث الشريف «اعقلها وتوكل». ولنتذكر أيضا أن النمذجة الإحصائية هي وسيلتنا الوحيدة لاستقراء حالة الطقس، وهي قضية بالغة الدقة والأهمية لإدارة دفة شؤون حياتنا.

وضمن السياق نفسه يمكن أن نتفهم الجدل المحتدم بين جبهتي التأييد والمعارضة لتقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية، الذي يعزي زيادة غازات الدفيئة إلى النشاطات البشرية المتعلقة بالصناعات المختلفة، ومن ثَم يرسم سيناريو لتوقعات الزيادة المتوقعة في متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية وما يمكن أن يتبع ذلك من تغيرات مناخية. فإذا كان الشك يحيط بتوقعات الأرصاد الجوية على مدى زمني محدد، وضمن حدود بقع جغرافية محددة، فما بالنا بتوقعات لحالة الجو تمتد عقودا من الزمن وتشمل الكرة الأرضية برمتها. يضاف إلى ذلك أن النتائج المستخلصة من تقارير

فرق العمل العاملة تحت مظلة الهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية، وتوصياتها بشأن آليات التقليل من نسب غازات الدفيئة لتفادي الكوارث المحتملة، تلك النتائج والتوصيات تمس بشكل مباشر مصالح الأمم والشعوب المختلفة، وتؤثر التوصيات في ما لو طبقت على خطط التنمية في هذه المجتمعات. ومن البدهي في إطار هذه الخلفية أن ترتفع أصوات المشككين في صحة هذه التقارير وتتضارب رؤاها مع رؤى أنصار البيئة بشأن سبب الظاهرة ونتائجها المحتملة وآليات معالجة المشكلات التي قد تنجم عنها. فشعوب الشمال الصناعية، وهي أكثر أمم الأرض تأثيرا في البيئة، لا يمكنها التخلي أو حتى تقليص نشاطاتها الصناعية طواعية بناء على دراسات إحصائية ونماذج حاسوبية تستند نتائجها إلى فرضيات قابلة للجدل. ومن هذا المنظور نتفهم المواقف المعاندة لأي تغيير في نمط ومعدلات صناعاتها؛ معللة الأمر بعدم علمية الدراسات الإحصائية وخطأ الفرضيات التي بنيت عليها النماذج الحاسوبية.

أما أمم الجنوب النامية والفقيرة، فهي أيضا تقاوم تقليص درجة طموحاتها التنموية بدعوى أنها أكثر حاجة من غيرها إلى رفع مستوى المعيشة لشعوبها وإبعاد خطر كوارث المجاعة والمرض عن محيطها. ولعل مصدر الاختلاف في الرؤى يكمن في تأثير مجموعات الضغط في المجتمعات الصناعية التي تهتم بالدرجة الأولى بالربح الآني وزيادته فتضرب بعرض الحائط كل ما من شأنه الإضرار بمصالحها على المدى الزمني القصير. ولتحقيق مآربها تلجأ المصالح الصناعية الكبرى إلى تجنيد الخبراء المشككين في نتائج تقارير فرق عمل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية ليضعوا دراسات بديلة تشكك في هذه النتائج، على أقل تقدير، إن لم تستطع أن تنسفها من الأساس. وككل صراع بشري بين المصلحين والمتمسكين بالواقع نجد أنه مع مرور الوقت، ومع تزايد الوعي الشعبي داخل المجتمعات، تنحسر أصوات المعارضين للتغيير رويدا، وتستسلم قوى الضغط الاقتصادي والصناعي لترفرف رايات أنصار الإصلاح والتغيير في نهاية المطاف. لكن الوصول إلى مرحلة الوفاق بين أطراف المصالح المتضاربة في قضية التغير المناخي تستدعي البحث عن بدائل ترضي بعض طموحات أمم الجنوب وتلبي في الوقت نفسه بعض متطلبات أمم الشمال، وفي سبيل ذلك تتعاقب المنتديات الدولية في مجالات القانون الدولي والاقتصاد، علاوة على مجموعات الخبراء في شتى فروع العلوم الطبيعية، لتتضافر الجهود لوضع اتفاقات إطارية مناسبة من شأنها أن تجنب الكرة الأرضية كوارث محتملة بدرجة كبيرة في حالة استمرار الإنسان في استنزاف موارد البيئة بالمعدلات الحالية.

وإذا كانت مقولة إن «التاريخ يعيد نفسه» صحيحة فلنا في قضية أخرى شغلتنا خلال عقدي السبعينيات والثمانينيات من القرن المنصرم مثالٌ وعبرة في كيفية تمكن البشرية،

بتضافر جهودها، من تفادي كارثة كانت ستودي بالأخضر واليابس. فخلال تلك السنوات كان الحديث الأهم، على مستوى المحافل الدولية ووسائل الإعلام، يدور عن تآكل طبقة الأوزون التي تحمي الأرض من النسبة الكبرى من الأشعة فوق البنفسجية. وعزا الخبراء الأمر إلى أسباب عدة أهمها انبعاث غازات كلوروفلوروكربون (الفريون) المستخدمة في صناعة التبريد والبخاخات والمبيدات الحشرية وأكاسيد النيتروجين المستخدمة في الأسمدة العضوية، التي تنبعث أيضا من الطائرات عند تحليقها بسرعات عالية في طبقة الستراتوسفير والهالونات المستخدمة في مكافحة الحرائق. وبناء على ذلك تداعت دراسات فرق العمل في الأمم المتحدة ووضعت التوصيات باستبدال بهذه المركبات مركبات أخرى أكثر أمنا وأقل تأثيرا في طبقة الأوزون. لكن هذه التوصيات اصطدمت بمصالح الدول الصناعية نظرا إلى التكلفة الاقتصادية الباهظة لاستبدال أنظمة التبريد بشكل خاص، ولذلك جندت دول الشمال خبراءها محاولة التقليل من أهمية دراسات فرق العمل ذات الصلة. وتوالت الاجتماعات الأممية لمناقشة الموضوع والبحث في سبل وضع اتفاقية إطارية تُستبدل بموجبها بالمركبات الضارة بطبقة الأوزون مركبات أخرى صديقة لها. وفي أحد الاجتماعات التي مهدت لتوقيع بروتوكول مونتريال، مثلت وزميل لي من وزارة الصحة الكويتية دولة الكويت، برزت حدة التناقضات بين دعوات الشمال والجنوب بشكل لافت للنظر. وقد ضمت وفود طرفي القضية جيوشا من خبراء القانون الدولي والاقتصاد والتنمية والعلوم البيئية، وكل طرف يشكك في نتائج دراسات الطرف الآخر ويلقي باللائمة عليه في تلويث البيئة بشكل عام. أما وفدنا الصغير، ومعه وفود صغيرة أخرى من دول أمريكا اللاتينية، فكان محل محاولات كل طرف من الكبار لاستقطابه نحو وجهة نظره. لكن حضورنا كان في جوهره بروتوكوليا من دون أن تكون لدينا صلاحية اتخاذ أي موقف، علاوة على عدم وجود خبرة قانونية أو تفاوضية لدينا في قضايا أممية معقدة. لكن، وخلال أقل من سنة من ذلك الاجتماع التمهيدي في سويسرا تقاربت مواقف الشمال والجنوب، ودعيت إلى مؤتمر مونتريال عام ١٩٨٧ حيث وقعت أغلبية أمم الأرض بروتوكول مونتريال لحماية طبقة الأوزون، الذي حدد أطر التعامل مع الموضوع ووضع اتفاقية التزمت بموجبها الدول المتقدمة بتقليص استخدامها لمركبات الفريون والغازات الأخرى تدريجيا، وليحظر استخدام هذه المركبات بحلول عام ١٩٩٦، بينما منحت الدول النامية بضع سنوات زيادة على ذلك حفاظا على خطط النمو الاقتصادي فيها. ومن الواضح أن اتفاقية مونتريال مثلت اتفاقا توفيقيا بين مصالح الشمال والجنوب، بحيث لا تتهدد مصالح الشمال الصناعية وفي الوقت نفسه لا تتوقف عجلة التنمية في دول الجنوب. وتبين التقارير التي نشرتها الأمم المتحدة خلال شهر يونيو ٢٠٠٨ أن التوافق الأممي نجح

في تفادي كارثة ثقب الأوزون، إذ تشير هذه التقارير إلى تراجع مساحة هذا الثقب خلال العام الحالي.

اليوم ينشغل العالم بظاهرة الاحترار العالمي والتغيرات المتوقعة نتيجة لذلك، مثلما كان في نهايات القرن الماضي منشغلا بقضية ثقب الأوزون. ومازال الجدل محتدما بشأن الموضوع منذ التقرير الأول لفرق عمل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية عام ١٩٩٠، الذي أشار بشكل قاطع إلى علاقة وطيدة بين انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النشاطات البشرية المختلفة والتغيرات المناخية على مستوى الكرة الأرضية. ومن ناحية علمية بحتة فليس هناك من خلاف على أن غازات الدفيئة، ومن أهمها بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون، يمكنها من خلال ظاهرة الاحتباس الحراري أن ترفع درجة حرارة الوسط الذي تغلفه. فالأرض تستقبل كمية من الأشعة الكهرومغناطيسية بأطوال موجية مختلفة ويمتصها سطح الأرض والمسطحات المائية ثم يُعاد بثها على شكل موجات حرارية طويلة الطول الموجي. وفي حالة وجود غلاف من غازات الدفيئة يحيط بالأرض، تقوم هذه الغازات بامتصاص الموجات الحرارية لترتفع درجة حرارة الغلاف ومن ثمَ درجة حرارة الأرض. وبمعنى آخر تحبس الطاقة الحرارية وتمنع من الانتشار بعيدا في الفضاء الخارجي. المبدأ في حد ذاته بسيط ومفهوم ومتفق عليه علميا، بل وتستند عليه تطبيقات عدة من أهمها الزراعة في المحميات، لكن يكمن الاختلاف في مدى أهمية انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النشاطات البشرية في تكوين غلاف من هذه الغازات حول الأرض، كما يكمن الاختلاف في آليات صرف غازات الدفيئة المنبعثة، وما إذا كانت المسطحات المائية قادرة على امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدلات تقارب معدلات إنتاجه بوساطة النشاطات البشرية ذات الصلة. يضاف إلى ذلك الاختلاف في السيناريو الذي ترسمه تقارير فرق عمل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية في ما ستؤول إلية حالة المناخ وذلك بطعن المعارضين في الفرضيات التي بنيت عليها هذه السيناريوهات. وحتى تزيد الأمور وعورة يلقي المعارضون باللائمة على الدول ذات التعداد السكاني الكبير، مثل الصين والهند، في زيادة معدلات انبعاثات غازات الدفيئة نظرا إلى عدم مراعاة خطط التنمية الاقتصادية فيها المعايير البيئية الدولية. وفي المقابل تُحمِّل دول الجنوب النامي الدول الصناعية، وبخاصة الولايات المتحدة، وزر استهلاكها النسبة الغالبة من مصادر الوقود الأحفوري. إن الخلاف اليوم بشأن قضية الاحترار العالمي ليس بين دول الشمال والجنوب، كما كانت الحال مع قضية ثقب الأوزون، لكنه بين أغلبية دول الاتحاد الأوروبي في جانب والولايات المتحدة وأستراليا في الجانب الآخر. فالصراع في جوهره بين دول أصبح لأنصار البيئة فيها دور سياسي كبير، فشكلوا مجموعات ضغط

تدافع عن قضايا البيئة مقابل دول مازالت مجموعات الضغط في الصناعة تهيمن على القرار السياسي فيها.

ونظرا إلى أهمية الموضوع ارتأت هيئة تحرير عالم الفكر تخصيص عددها الحالي لمناقشة قضية الاحترار العالمي وتقديمه للمثقف العربي ضمن القضايا التي تعالجها الدورية. ونحو تحقيق هذا الهدف كلفت هيئة التحرير عددا من الخبراء المهتمين بفروع هذه القضية معالجة جوانبه المختلفة. فالدكتور ياسين الشرعبي يعالج الموضوع في إطاره العلمي مركزا منذ البداية على التفريق بين الاحتباس الحراري كظاهرة علمية، والاحترار العالمي وما يتبع ذلك من تغيرات مناخية كنتيجة لتلك الظاهرة. وباحثنا يوفق في هذا المجال برفع الخلط بين المبدأ والنتيجة، أو كما يقال في الفلسفة بين العلة والمعلول، وذلك بعد أن اختلط المصطلحان فأصبح أحدهما يستخدم محل الآخر حتى بين المثقفين. ثم يمضي الدكتور الشرعبي في رصد الأدوات التي يستند عليها علماء المناخ في وضع تصورهم عن احتمالات التغير المناخي، بما في ذلك البيانات الإحصائية، وبذلك تمهد دراسته القيمة لإحاطة القارئ بالموضوع وفهم الجدل الدائر حوله.

أما الدكتور سفيان التل (وهو مستشار دولي في شؤون البيئة ومقرر عام أسبق لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة) فيتحفنا بمقالة يلخص فيها تقارير الأمم المتحدة، مع استناد شبه كامل على تقرير الفريق العامل الأول التابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ والمعنون بـ «تغيير المناخ ٢٠٠١» الأساس العلمي. يستعرض الدكتور التل بتفصيل مناسب السيناريوهات الستة التي رسمها الفريق الأول باستخدام نظم محاكاة تأخذ بعين الاعتبار العوامل المؤثرة في المناخ ومدى التغيرات المتوقعة على هذه العوامل إذا استمرت معدلات انبعاث غازات الدفيئة الناتجة عن النشاطات البشرية على وتيرتها الحالية. ومنطلق جميع السيناريوهات أن الاحتباس الحراري لن يؤدي فقط إلى ارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض بضع درجات خلال العقود القادمة، بل إن مايستتبع ذلك يمثل كارثة بكل معاني الكلمة. إن ارتفاع متوسط درجة حرارة الكرة الأرض بضع درجات يحتمل أن يؤدي إلى تقليص مساحة وسماكة الغطاء الجليدي في القطبين وآيسلندا، يستتبعه ارتفاع في مستوى مياه المسطحات المائية وتغيير في معدلات التهطال ومعدلات وشدة الأعاصير. والنتيجة الحتمية أن تتقلص فصول الشتاء والربيع في الجزء الشمالي من الكرة الأرضية، وأن يحدث تغيير جوهري في النظم الإيكولوجية في مناطق الأرض المختلفة. السيناريوهات الستة التي رسمها الفريق العامل الأول التابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ليست من وحي الأساطير أو بنات أفكار كتاب قصص الخيال العلمي، بل هي مبنية على أسس متينة الأساس العلمي تأخذ بعين الاعتبار الدورات المختلفة التي

مرت على الأرض من عصور جليدية تبعتها عصور انحسر فيها الجليد عن جزء كبير من اليابسة، لكن الأرض لم تشهد، منذ تشكل القارات بشكلها الحالي، عصرا واحدا انحسرت فيه القلنسوة الجليدية في القطبين الشمالي والجنوبي، وهو أمر محتمل الحدوث بدرجة معقولة في حال استمر البشر في إنتاج غازات الدفيئة بالمعدلات الحالية.

وعلى الرغم من صدور تقارير جديدة عن فرق العمل التابعة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في مارس ٢٠٠٧، وكذلك التقرير التجميعي لهذه الفرق، على الرغم من ذلك فإن تقرير الفريق الأول (الأساس العلمي ٢٠٠٧) لا يختلف في جوهره عن تقرير الفريق عام ٢٠٠١، ولعل الفرق الوحيد بين تقرير عام ٢٠٠١ وتقرير عام ٢٠٠٧ هو في زيادة اليقين بأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ذات العلاقة بالنشاطات البشرية هي المسبب الأكثر أهمية في الاحترار العالمي، وبذلك فإن تحميل مسؤولية النشاطات الصناعية كارثة محتملة أصبح من المسلمات. كما أن تقارير فرق العمل التابعة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لعام ٢٠٠٧ تبين - بشكل أوضح - المخاطر الناجمة عن ارتفاع درجة حرارة الأرض في حالة استمرار المعدلات الحالية لانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون، وذلك بناء عن تطوير السيناريوهات الستة وتحديث مدخلاتها البيانية. ولعل هذه البيانات بالذات هي التي دفعت حكومة الرئيس الأمريكي بوش إلى التزحزح عن مواقفها المتشددة في رفض الفكرة من الأساس، والاعتراف بإمكان وجود المشكلة، رغم أن الإدارة الأمريكية ما زالت مصرة على موقفها في تحميل الدول النامية، مثل الصين والهند، نسبة أكبر من المسؤولية بمعاملتها في ما يتعلق بتطبيق بروتوكول كيوتو المعاملة نفسها التي يحددها البروتوكول للدول الصناعية.

وحتى تكتمل الصورة وتصل البشرية إلى اتفاق يجنب الأرض كارثة محتملة تداعت أمم الأرض لوضع آليات تؤدي إلى تقليص انبعاث غازات الدفيئة (خصوصا غاز ثاني أكسيد الكربون) الناتجة عن النشاطات البشرية. وضمن هذا السياق يناقش الدكتور بالقاسم مختار (أستاذ الجغرافيا بجامعة السلطان قابوس) بروتوكول كيوتو، الذي بدأ التفكير فيه قبيل قمة الأرض التي عقدت في ريودي جانيرو عام ١٩٩٢، وخلال قمة الأرض توصلت ١٨٩ دولة إلى وضع اتفاقية إطارية بشأن التغيرات المناخية، لتتتالى بعد ذلك المؤتمرات والمفاوضات التي أثمرت عن توقيع بروتوكول كيوتو عام ١٩٩٨، على أن تبدأ الدول الموقعة العمل بالآليات التي تضمنها البروتوكول بحلول عام ٢٠٠٥. وقسم البروتوكول الدول إلى مجموعتين، بناء على نسبة مساهمة كل دولة في مجموع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون التي تنتجها، وحددت لكل مجموعة آلية لتخفيض هذه النسبة لديها. علاوة على ذلك، وتسهيلا على الدول الصناعية الكبرى بتقبل الاتفاقية، أنشأ البروتوكول سوقا

للكربون يمكن للدول أن تشتري منها حصة الدول الأخرى. لكن، وعلى الرغم من الجهد الكبير الذي تبذله دول الاتحاد الأوروبي لوضع بروتوكول كيوتو موضع التنفيذ، فإن معارضة الولايات المتحدة تمثل عقبة كأداء لابد من تجاوزها نظرا إلى أنها الدولة الأكثر مساهمة في نسبة الزيادة في انبعاث ثاني أكسيد الكربون. ويبدو من تصريحات الرئيس الأمريكي جورج بوش خلال الأشهر الماضية أن موقف الولايات المتحدة أخذ يميل، وإن بدرجة بسيطة، نحو الاعتراف بوجود المشكلة، وهو ما قد يمثل بداية لتوافق أممي نحو تطبيق البروتوكول.

ومن جانبه يحملنا الدكتور إبراهيم عبدالجليل (مدير برنامج الإدارة البيئية بجامعة الخليج العربي) على أجنحة أماني وطموحات أرباب الصناعة ورواد المال والاقتصاد. فمنذ عصر الثورة الصناعية أدت الاكتشافات العلمية إلى خلق فرص وأسواق جديدة لهذه الفئة، بدءا بعصر البخار، ومرورا بعصر الطاقة الأحفورية، وانتهاء بعصر التكنولوجيا والمعلوماتية. وبذلك فإن الولوج في معالجة ظاهرة الاحترار العالمي ليس استثناء عن هذه القاعدة. وهناك عدة محاور تعتبر مجالات خصبة لأرباب الصناعة والمال من أهمها سوق الطاقات المتجددة، التي ظلت راكدة خلال العقود الماضية نظرا إلى تكلفتها الباهظة مقارنة بالوقود الأحفوري. لكن ارتفاع أسعار النفط من ناحية، والحاجة إلى أشكال الطاقات النظيفة من ناحية أخرى، بعثتا الحياة مجددا في هذه السوق التي يتوقع لها ازدهار غير مسبوق. ويكفي تدليلا على ما نذهب إليه رواج استخدام الوقود المستخرج من الكتلة الحيوية، التي بدأت المشكلات المرتبطة بها والمتمثلة في ارتفاع أسعار الذرة إلى درجة أصبحت تقلق العالم بأسره. وإلى جانب سوق الطاقات المتجددة فإن بروتوكول كيوتو وفر ضمن آلياته سوقا لبيع الكربون، وقد وصل حجم التعامل فيها إلى حدود ٢٥ بليون دولار حتى الآن، ويتوقع أن يتضاعف هذا الرقم خلال بضع سنين.

وأخيرا يعرج بنا الدكتور ضاري العجمي (مدير إدارة البيئة والتنمية الحضرية بمعهد الكويت للأبحاث العلمية بدولة الكويت) إلى التغيرات البيئية المتوقعة نتيجة الاحترار العالمي. فبعد استعراض الأنظمة الإيكولوجية المختلفة، ونظم الاتزان في الدورات الطبيعية، وقدرة هذه الأنظمة على إعادة تأهيل نفسها في حالة حدوث خلل يسير فيها، يناقش الدكتور العجمي الآثار السلبية في هذه الأنظمة في حالة ارتفاع معدلات الخلل عن قدرتها للتكيف والتأهيل. وتشمل التأثيرات السلبية في البيئة نتيجة ارتفاع متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية قضايا عدة، من بينها ارتفاع مستوى مياه المسطحات المائية وما يستتبع ذلك من أثر مباشر في التنوع والتكاثر في الأحياء المائية. ومما يزيد الأمور تعقيدا أن الزيادة في متوسط درجة حرارة الأرض تؤدي أيضا إلى اختلال في كميات المياه

الصالحة للشرب والري والزراعة، ما قد يعني ارتفاعا في درجة وتيرة الصراع على الموارد المائية بين البشر. ويمتد تأثير الاختلالات البيئية ليشمل الجوانب الصحية للبشر، إذ تتهيأ الظروف لتكاثر الحشرات الناقلة للأمراض الوبائية، وتزيد معاناة المسنين والمصابين بأمراض الجهاز التنفسي نتيجة ارتفاع درجات الحرارة، يضاف إلى ذلك احتمال تلويث مصادر المياه. كما أن للتغير المناخي تأثيرا في قطاعات الزراعة والصناعة وموارد الطاقة.

وأخيرا يقدم الدكتور وهيب الناصر (أستاذ الفيزياء بجامعة البحرين ورئيس القسم العربي للجمعية العالمية للطاقة الشمسية) تقرير مميز حول آلية التنمية النظيفة ودورها في تحقيق بيئة نظيفة واقتصاد ناجح وتعاون دولي مثمر في دول مجلس التعاون الخليجي، والذي من خلاله نقدم للقارئ العربي معلومات دقيقة وموثقة حول هذه الظاهرة.

إن أمم الأرض مدعوة اليوم إلى وضع طموحاتها الآنية جانبا، إذ لا معنى لهذه الطموحات في ظل احتمال حدوث كارثة على مستوى الكرة الأرضية برمتها. ولئن كان صوت المشككين في جدية الموقف عاليا اليوم في المحافل السياسية والعلمية، فإن منطق التاريخ يؤكد أن هذه الأصوات ستبح أمام الحقائق العلمية الدامغة. ومثلما كانت العقود الأخيرة من القرن العشرين عقود تفهم ووفاق بين أمم الأرض في معالجة ثقب الأوزون قبل أن يستفحل الخطر، فإن من المؤمل أن يشهد العقدان القادمان من القرن الواحد والعشرين تعاضد الأمم مرة أخرى في مواجهة احتمال خطر أكبر بدرجات من خطر اتساع ثقب الأوزون.

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

الأسس العلمية للاحتباس الحراري

د. ياسين بن عبدالرحمن الشرعبي (*)

مقدمة

هل يتعرض مناخ الأرض للتغيير؟ إن الإجابة هي نعم من دون أدنى منازع، وهناك مجموعة من الراصدات تؤيد هذه النتيجة وتوفر نظرة معمقة عن سرعة هذه التغيرات. كما أن هذه البيانات هي الأساس الذي يُعتمد عليه في وضع الإجابة المتعلقة بالسؤال الأكثر صعوبة، وهو لماذا يتعرض مناخ الأرض للتغير، وهو السؤال الذي سنتناوله في هذه الدراسة.

درج فهمنا للمناخ على حصره في معناه الضيق الذي يعرف عادة بأنه «متوسط الطقس» (Average of Weather)، أو بدقة أكبر كما يصفه الإحصائيون من حيث إنه متوسط وتقلبية «Variability» لبعض عناصره الخارجية، مثل حرارة الهواء وسرعة الرياح والتهطال خلال فترة زمنية تتراوح بين أشهر وآلاف السنين، والفترة التقليدية هي 30 عاما على النحو الذي حددته منظمة الأرصاد الجوية. لكن في الحقل العلمي ولدى ذوي أهل الاختصاص ينظر إلى المناخ على أنه منظومة (Olimatic system) شديدة التعقيد، تتألف من خمسة عناصر رئيسة تتفاعل في ما بينها وهي الغلاف الجوي (Atmosphere) والغلاف المائي (Hydrosphere) والغلاف الجليدي (Cryosphere) والغلاف اليابس (Lithosphere) والغلاف الحيوي (Bio-sphere). والنظام المناخي في تطور دائم مع الزمن، وذلك تحت تأثير ديناميته الداخلية ونتيجة تأثيرات خارجية (External Forcing)، مثل الثورات البركانية والتباينات في الكميات الإشعاعية الواصلة للأرض والتأثيرات البشرية، مثل التغير في مكونات الغلاف الجوي، والتغيرات في استخدام الأرض التي بدأت مع الثورة الصناعية.

(*) قسم الجغرافيا - كلية الآداب والعلوم الاجتماعية - جامعة السلطان قابوس - سلطنة عمان.

وتشير عبارة تغير المناخ إلى تباين مغزوي من الناحية الإحصائية في متوسط حالة المناخ أوفي تقلبيته، التي تستمر فترة زمنية طويلة نسبيا تتجاوز في حدها الأدنى عشر سنوات. فمناخ الأرض يتغير تحت تأثير عوامل خارجية وداخلية طبيعية متعلقة بدينامية المناخ، وبالتالي من الضروري أن نفرق بين التغيرات والتقلبات التي تتسبب فيها كل مجموعة من العوامل على حدة. ويمثل الغلاف الجوي الإطار الذي تحدث فيه التقلبية الداخلية الطبيعية للمناخ، التي تشغل كل النطاقات الزمنية من بضع دقائق، مثل عملية تكثف بخار الماء في السحب، إلى سنة مثل التبادل الإشعاعي بين طبقة التروبوسفير وطبقة الستراتوسفير. في حين أن بعض مكونات المنظومة المناخية كالمحيطات والصفائح الجليدية تتسم بفترة دوران طويلة نسبيا. وهكذا فإن مناخ الأرض قادر على إصدار تباينات كبيرة الحجم في نطاقات زمنية طويلة من دون تأثيرات خارجية. من هذا المنطلق برزت مسألة رئيسية متعلقة بكيفية الفصل بين التقلبية الطبيعية الداخلية للمناخ، وبين تلك التي تحدث بفعل المؤثرات الخارجية للمناخ، وهذه النقطة المهمة صُهرت في مصطلحي الرصد والعزو (Detection and attribution)، فعملية رصد المناخ هي تبِيان أن المناخ قد تغير بالمعنى الإحصائي من دون تقديم سبب لهذا التغيير، أما عزو أسباب تغير المناخ فهو عملية تحدد أرجح أسباب التغير المرصود بمستوى معين من الثقة. وباعتبار أن مناخ الأرض يستجيب للتأثيرات البشرية المنشأ أمام خلفية من التقلبية الطبيعية المدفوعة داخليا. فالتمييز الكمي على مستوى الرصد والعزو ليس بالأمر الهين السهل، إذ يتطلب ذلك دراسات ومقارنات موغلة في الدقة حتى يتسنى الوصول إلى نتائج ذات نسبة عالية من اليقين. إن إيضاح التغيرات الناجمة عن التقلبية الطبيعية للمناخ من تلك التي تكون في علاقة مباشرة مع تأثير العوامل الخارجية لا يمكن أن يتم إلا عن طريق الفهم الفيزيائى للمنظومة المناخية، القائم بطبيعة الحال على المبادئ الفيزيائية. فقد مكنت المقاربة الفيزيائية من بناء نماذج عددية قادرة على معالجة تعقيدات المنظومة المناخية، كما أفضت إلى تقدير كمي للتغيرات المتصلة بالتقلبية الطبيعية للمناخ من تلك المتصلة بالمؤثرات الخارجية، كما أنها مكنت من إعادة بناء المناخات القديمة ضمن سياق محاكاة التغير المناخي. وفي تطور حديث للنماذج الرقمية المناخية أصبح من الممكن تشخيص التغيرات المرصودة في عنصر من عناصر المنظومة المناخية مع تحديد العلة ونمط وتيرة التغيير، وذلك في إطار مقاربة إقليمية. كما أمكن في هذا الإطار - وبفضل توافر مادة حاسوبية كبيرة - تشخيص نسق استجابة المناخ للعوامل الشمسية والبركانية البطيئة التأثير من العوامل ذات الصلة بالتأثير البشري السريع المفعول. كما أدرجت ضمن النماذج المناخية الإقليمية مختلف السيناريوهات الخاصة بانبعاثات غازات الدفيئة، مما مكن من استكشاف تأثيرات الافتراضات والتقريبات الواردة في السيناريوهات بقدر كبير من الدقة. لكن على الرغم من التقدم الكبير في نمذجة المناخ تظل

هناك صعوبة كبيرة في إدراج الأنواء المناخية المتطرفة والقصوى، كالدوامات والأعاصير، في هذه النماذج، وبالتالي فإن هذا الأمر يستدعي كثيرا من الحذر في شأن الإسقاطات المستقبلية المتعلقة بهذه الظواهر التي يشوبها قدر كبير من عدم اليقين.

وتشير عملية التقييم المستندة إلى المبادئ الفيزيائية والمحاكاة النموذجية إلى أنه من المستبعد أن تفسر التأثيرات الطبيعية وحدها الاحترار العالمي المرصود في الآونة الأخيرة. كما أن هناك طائفة واسعة من تقنيات الرصد التي وفرت أدلة على وجود تأثير بشري في المناخ. هذا بالإضافة إلى الاتساق الكمي بين التغيرات المناخية المرصودة والاستجابات النموذجية للتأثيرات البشرية المنشأ. فطوال السنوات الخمسين الماضية أمكن رصد تأثير غازات الدفيئة في الزيادة في درجة حرارة الأرض السطحية، وتزايد التباين الحراري بين اليابسة والمحيطات، وتقلص صفيحة الجليد البحري وانحسار الجليد وزيادة التهطال على خطوط العرض القطبية في النصف الشمالي للأرض (الشكل 1).

لقد شكلت الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) التي أُسست سنة 1988 المظلة الكبرى التي جمعت حوالي 2500 عالم وباحث في مجال التغير المناخي من 130 دولة، التي تصدر كل 6 سنوات تقريرا شافيا ضافيا حول آخر المستجدات العلمية. وقد حظي هذا الهيكل الأممي بشرف نيل جائزة نوبل للسلام لسنة 2007؛ تقديرا للجهود المبذولة في استخلاص النتائج العلمية وصياغة خيارات وسياسات التخفيف من غازات الدفيئة. وتبعا للإجماع العالمي على أعمال هذا الهيكل الأممي فإنها ستكون الركيزة الأساسية في شرح الأسس العلمية للاحتباس الحراري. ومن النقاط الرئيسة التي تستدعي استفاضة في الشرح: التغيرات المرصودة في النظام المناخي، والعوامل المؤثرة في التغير المناخي، مع تقييم الأثر البشري في التغير المناخي.

1 - التغيرات المرصودة في المنظومة المناخية

لقد وفرت البيانات الإضافية المستمدة من الدراسات الجديدة للمناخ الحالي وعبر الزمن إلى تحسين تحليل مجموعة من البيانات، وزيادة دقة تقييم نوعيتها وعقد مقارنات بين مختلف المصادر، مما أدى إلى زيادة فهم تغير المناخ. ويوفر هذا المدخل استطلاعا موجزا للرصدات التي تحدد الطريقة التي تغير بها المناخ في الماضي، وذلك من خلال قياس كثير من المتغيرات في النظام المناخي بصورة مباشرة، أي من خلال السجل المحدد بالأجهزة، فعلى سبيل المثال فإن القياسات المباشرة واسعة النطاق لدرجات حرارة سطح الأرض قد بدأت مع منتصف القرن التاسع عشر ميلادي، كما أُجريت قياسات عالمية تقريبا لمتغيرات الطقس الأخرى كالتهطال والرياح لنحو مائة عام، كذلك الشأن بالنسبة إلى القياسات الخاصة بمستوى سطح البحر

(Smith, T.M., and R.W. Reynolds, 2005). كما يتوافر الآن قياس درجات حرارة المياه العميقة للمحيطات، وذلك ابتداء من أواخر الأربعينيات. ومنذ أواخر السبعينيات ساهمت البيانات المستمدة من الأقمار الاصطناعية في توفير مجموعة واسعة من الراصدات العالمية لمختلف عناصر النظام المناخي (Bottomley, M., et al., 1990).

1 - 1 - التغيرات المرصودة في درجات الحرارة

لقد زاد المعدل العام لحرارة الأرض بنحو 0.74 درجة مئوية، وذلك خلال الفترة الممتدة بين 1906و 2005 (الشكل 2). ويزيد هذا الرقم بنحو 0.14 درجة مئوية عن التقديرات الواردة في التقرير الثالث لسنة 2001 الصادر عن الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، وذلك نتيجة الارتفاع النسبي لدرجة الحرارة خلال السنوات الإضافية من 2001 إلى 2005، وتحسين سبل معالجة البيانات. وتأخذ هذه الأرقام في الاعتبار مختلف التعديلات، بما في ذلك تأثيرات الجزر الحارة في المدن. كما أن البيانات تشير إلى أن معظم الاحترار الذي حدث خلال القرن العشرين وقع خلال فترتين من 1910 إلى 1945 و1986 إلى 2005 (الشكل 3).

وتشير التحليلات الجديدة للبيانات في النصف الشمالي للكرة الأرضية إلى أن ارتفاع درجة الحرارة في القرن العشرين هو الأعظم بين القرون خلال الألف عام الماضية وأن فترة التسعينيات وبداية الألفية الجديدة كانت من أشد الفترات حرارة في النصف الشمالي للأرض، وأن سنتي 1998 و2005 كانتا من أشد الأعوام حرارة (الشكلان 3 و4). وفي المتوسط ازدادت درجات الحرارة الصغرى اليومية الليلية فوق اليابسة بحوالي ضعف معدل درجات الحرارة العظمى اليومية بين 1950 و2005. كما تشير التحليلات إلى أن وتيرة ارتفاع الحرارة على اليابسة كانت أسرع مما هو عليه في المحيطات وذلك بحوالي الضعف. وهذا النسق التسارعي سجل خاصة منذ 1979 وذلك بمعدل 0.27 درجة مئوية في العقد الواحد لليابسة، و 0.13 درجة مئوية في العقد الواحد على المحيطات (Brohan, P., et al., 2006). لكن في المقابل تشير التحليلات إلى أن المحتوى الحراري للمحيطات في العالم قد زاد زيادة كبيرة منذ أواخر الخمسينيات، وقد حدث أكثر من نصف الزيادة في المحتوى الحراري للمحيطات في الثلاثمائة متر العليا من المحيط، وذلك بمعدل 0,04 درجة مئوية (الشكل 5) (Rayner, N.A., et al., 2006)، كما تبين قياسات الأقمار الأصطناعية وبالونات السبر الجوي المتوافرة منذ 1979 إلى توصل احترار الجزء السفلي من طبقة التروبوسفير، وذلك بمعدل ارفع بقليل من احترار سطح الأرض، وذلك بمقدار 0,19 درجة مئوية خلال العقد الواحد. في حين تشير البيانات إلى تبرد في الجزء الأسفل من طبقة الستراتوسفير بمقدار يتراوح بين 0.3 و0.6 درجة مئوية خلال العقد الواحد. كما أن هناك تغيرا كبيرا في التطرفات الحرارية حيث تشير الأبحاث إلى تقلص كبير في عدد الأيام الباردة وذلك بحوالي 75% في العروض الوسطى،

مقابل زيادة في عدد الأيام الحارة بمعدل 10% خلال الفترة من 1951 إلى 2003 (Alexander, L.V., et al., 2006). وتعد موجة الحرارة التي عرفتها أوروبا الغربية والوسطى خلال صيف 2003 من أقوى التطرفات الحرارية على الإطلاق منذ بداية الرصد الحراري باعتماد أجهزة القياس منذ 1780م (الشكل 6) (Beniston, Black, E.M., etal., 2004, Beniston, M., and H.F. Diaz, 2004) M., 2004,

1 - 2 - التغيرات المرصودة في التهطال ورطوبة الغلاف الجوي

يشير آخر التحليلات إلى استمرار في زيادة معدل التهطال السنوي للأرض وهذه الزيادة مسجلة أساسا في مستوى العروض الوسطى والقطبية للنصف الشمالي للكرة الأرضية، وذلك ابتداء من خط عرض 30 درجة خلال الفترة المتراوحة بين 1900 و2005، ولكن في المقابل يستمر تناقص الكميات المطرية على العروض المدارية، وبالتحديد العروض المتراوحة بين 10 درجات شمال خط الاستواء وجنوبه (الشكل 7) (Alexander, L.V., et al., 2006). وهذا التناقص قد بدا ملحوظا بداية من 1977/1976. ومن أهم الأقاليم التي عرفت تزايدا في الكميات المطرية هي شمالي القارة الأمريكية والأوروبية، وكذلك شمال ووسط القارة الآسيوية، ولكن أقاليم أخرى من العالم، مثل الساحل الأفريقي وحوض البحر المتوسط وجنوب القارة الأفريقية ومناطق متفرقة من جنوب القارة الآسيوية، عرفت أيضا طفرة في الجفاف (الشكل 8) (Dai A., K.E. Trenberth, and T. Qian, 2004). أما في ما يتعلق بالمحيطات ونتيجة احترارها المتواصل فقد أدى ذلك إلى زيادة في كميات الماء المتبخرة منها، تراوحت بين 2 و 4% خلال الفترة الممتدة بين 1988 و2004، وقد سجلت الأقاليم شبه القطبية والقطبية أكثر نسب بخار الماء (الشكل 9) (Trenberth, K.E., J. Fasullo, and L. Smith, 2005).

1 - 3 - التغيرات المرصودة في الغطاء الثلجي وصفيحة الجليد الأرضي والبحري

مازال الانخفاض في الغطاء الثلجي وصفيحة الجليد الأرضي يرتبط ارتباطا موجبا بالزيادة في درجات حرارة سطح الأرض. وتبين بيانات الأقمار الاصطناعية أن من المرجح بشدة أن يكون قد حدث انخفاض بنحو 10% منذ أواخر الستينيات (Ackley, S., P. Wadhams, J.C. Comiso, and A.P. Worby, 2003 ,Comiso, J.C., 2003). وتبين الراصدات الأرضية خلال فترة المائة والخمسين عاما الماضية أن من المرجح بشدة أن يكون قد حدث انخفاض مدته نحو أسبوعين في بقاء الجليد في البحيرات والأنهار، في خطوط العرض المتوسطة والقطبية في النصف الشمالي للأرض (Duguay, C.R., et al., 2003).

كما يبين آخر الأبحاث العلمية أن سُمك الجليد في القطب الشمالي قد انخفض حوالي متر خلال الفترة الممتدة بين 1987 و1997 (الشكل 10) (Bamber, J.L., R.L. Layberry, and S.P. Gogineni, 2001). كما تشير الأبحاث نفسها إلى تسجيل ارتفاع في حرارة التربة

المتجمدة (Permafrost). بمعدل 0.3 درجة مئوية خلال الفترة الممتدة من 1980 إلى 2005. وقد قدر حجم ذوبان التربة المتجمدة بـ 0.04 متر في السنة في منطقة الألسكا بالولايات المتحدة الأمريكية انطلاقا من 1992. في حين قدر الذوبان في هضبة التيبت بـ 0.02 متر في السنة، وذلك منذ 1960 (Arendt, A.A., et al., 2002). ومن شأن هذا الذوبان أن يؤثر في الغطاء الأرضي وأنظمة السيلان فيها.

1 - 4 - التغيرات المرصودة في الأنواء المناخية المتطرفة

لقد اهتمت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ - في تقريرها الثالث الصادر سنة 2001 وفي تقريرها الرابع الصادر في مؤتمر بانكوك في 4 فبراير 2007 والذي يحتوى على آخرة النتائج المستخلصة من البحوث التي أجريت على مدى السنوات الخمس الماضية - اهتمت بمسألة علاقة الاحترار العالمي (Global Warming)بالأنواء المناخية المتطرفة (Extreme Events) مثل الأعاصير والعواصف المدارية. وقد أشار التقرير الثالث لسنة 2001 إلى صعوبة رصد ظاهرة الأعاصير والعواصف المدارية على فترات زمنية طويلة، وذلك بسبب حدوثها في أماكن متفرقة من العالم وعدم انتظامها الزمني، بالإضافة إلى عدم وجود توثيق علمي لهذه الظاهرة، كما هو الشأن بالنسبة إلى عناصر المناخ، مثل حرارة الهواء والتساقط، حيث تتوافر سجلات وقياسات لهذه العناصر المناخية لأكثر من قرنين من الزمان. فالمعلومات طويلة الأمد عن الأعاصير والعواصف التي يوفرها المؤرخون في كتاباتهم لا يمكن الاعتماد عليها البتة لرصد تطور هذه الظاهرة والخروج بنتائج من شأنها أن توثق الصلة بين الاحترار العالمي والإقرار بزيادة أو نقصان وتيرة الأعاصير والعواصف المدارية. وانطلاقا من البيانات المتوافرة منذ سنة 1950 والموثوق بصحتها فقد أجمع التقرير الثالث لسنة 2001 على أنه لم ترصد أي زيادة أو طفرة في وتيرة الأعاصير والعواصف المدارية في العالم منذ ذلك التاريخ، وهذا لا يعني انتفاء الصلة بين هذه الظواهر المناخية المتطرفة والاحترار العالمي، وإنما يعود إلى الطبيعة المعقدة لهذه الظاهرة المناخية واختلاف طرق رصدها وكونها لا تخضع إلى علاقة خطية (Linear) سببية بسيطة (Cause and effect).

أما في التقرير الأخير لسنة 2007 فقد حظي هذا الموضوع بعناية وتركيز كبيرين، وذلك بغية فهم تمفصلات العلاقة بين الاحترار العالمي المسجل وتطور الأنواء المناخية المتطرفة. فمن العوائق التي جرى تخطيها مسألة تعدد المقاييس في تصنيف الأعاصير والعواصف المدارية بين أقاليم العالم المعنية بهذه الظاهرة. ولأخذ فكرة جلية عن هذا الموضوع تكفي المقارنة بين مقياس سفير - سمسون ومقياس المركز الهندي للأرصاد الجوية، فما هو مصنف عند هذا المقياس كعاصفة مدارية يعتبر إعصارا في المقياس الثاني. كذلك تعدد وتنوع أساليب تقييم هذه الظاهرة المناخية مثل اعتماد عدد أيام الإعصار، أو عدد أيام الإعصار القوية جدا

أو صافي نشاط الإعصار المداري. ولتجاوز هذه التعددية وقع تصميم مؤشر أي سي آ (NOAA's Accumulated Cyclone Energy, ACE) أو مؤشر طاقة الإعصار التراكمي الذي وضعته الوكالة الأمريكية للمحيطات والفضاء سنة 2004 (Levinson and Waple, 2004). وهذا المؤشر هو في الأساس مؤشر لقياس القوة الريحية المستمرة لمدة 6 ساعات في مكان معين، وهو بالتالي بمنزلة طيف واسع يجمع بين الامتداد الزمني وقوة الظاهرة. وقد اعتُمد على بيانات الأقمار الاصطناعية لحساب هذا المؤشر، فقد ضُبط منذ سنة 1950 إلى 2006 في المحيطين الأطلنطي والهادي، وانطلاقا من سنة 1970 إلى 2006 في النصف الشمالي للمحيط الهندي ودُرست بواسطة هذا المؤشر دراسة العلاقة بين الاحترار العالمي وتطورات العواصف والأعاصير المدارية في العالم، وقد تبين بوضوح الزيادة في وتيرتها خلال فترة الدراسة، فكل مناطق العالم مهددة بهذه الظواهر المناخية المتطرفة كما يبين ذلك الرسم التالي. ففي هذا الرسم يمثل الخط الأحمر المعدل العام لتواتر الظاهرة خلال فترة الدراسة، ونلاحظ تجاوز هذا المعدل بقدر كبير مما يشير إلى زيادة نشاط الأعاصير والعواصف المدارية في جميع مناطق العالم من دون استثناء (الشكل 11) (Landsea, C.W., 2005).

2 - العوامل المؤثرة في التغير المناخي

تتواتر عدة تغيرات على المناخ نتيجة التقلبات داخل النظام المناخي وعوامل خارجية (طبيعية وبشرية). ويمكن مقارنة آثار العوامل الخارجية في المناخ بوجه عام باستخدام مفهوم التأثير الإشعاعي (Radiative forcing)، وهو مقياس لأثر عامل ما في تغير توازن الطاقة الداخلة والخارجة من الغلاف الجوى، وهو مؤشر لأهمية العامل كآلية محتملة من آليات تغير المناخ، ويحسب على أساس الواط لكل متر مربع (و م-2). ويؤدي التأثير الإشعاعي الموجب، الذي يحدث بتزايد تركيزات غازات الدفيئة إلى احترار السطح، أما التأثير الإشعاعي السالب الذي يمكن أن ينجم عن زيادة في بعض أنواع الأهباء الجوية (Aerosol)، مما يؤدي إلى تبريد السطح. كما يمكن أن تؤدي عوامل طبيعية مثل التغيرات الطارئة على إجمالي الإشعاع الشمسي أو النشاط البركاني الانفجاري إلى حدوث التأثير الإشعاعي. والتمييز بين عوامل التأثير الإشعاعي وتغيراته عبر الزمن أمر لا بد منه لفهم التغير المناخي في سياق التغيرات الطبيعية ولإسقاط نوعية التغيرات المناخية التي يمكن أن تحدث في المستقبل. وتؤكد الأبحاث العلمية، من خلال معطيات الرصد المباشر أو مخرجات النماذج الرقمية، الدور النسبي الضئيل للعوامل الطبيعية في تفسير التغير المناخي أمام الدور المتنامي والمتعاظم للعوامل البشرية، خاصة تلك المتعلقة بانبعاثات غازات الدفيئة (Ramaswamy, V., et al., 2001). (الشكل 12). كما توفر النماذج الرقمية المخصصة

لمحاكاة المناخ الإقليمي من خلال تقديرات كمية دقيقة وتفصيلية، على أن العوامل الطبيعية لا يمكن أن تفسر وحدها البتة الاحترار الحاصل في العقود الأخيرة، بل إنها تؤكد تفاعلا ثنائيا بين المؤثرات الطبيعية والبشرية، مع تفضيل كمي لدور غازات الدفيئة في المساهمة بقدر كبير في تفسير التغير المناخي (الشكل 13) (Tett, S.F.B., et al., 2002).

2 - 1 - العوامل الطبيعية

2 - 1 - 1 - العوامل الفلكية وأثرها في تغيير الشعاع الشمسي

تلخص نظرية ميلونكوفيتش أو دورة ميلونكوفيتش (Milankovic cycle) نسبة إلى العالم ميلتون ميلونكوفيتش (1879 - 1958) مجمل العوامل المتعلقة بالهندسة الفلكية لكوكب الأرض وتأثيراتها المناخية. وقد قام ميلونكوفيتش بأبحاثه في ثلاثينيات القرن الماضي حول أسباب الفترات الجليدية التي عرفتها الأرض خلال فترة البليستوسين (Pleistocene)، التي بدأت منذ 1.806 مليون سنة وانتهت منذ 11430 سنة. وفي الحقيقة تدين نظرية ميلونكوفيتش في أصولها بالفضل إلى عالمين هما جوزيف ألفونس ألدمار (Joseph-Alphonse Aldhemar)، وهو عالم رياضيات فرنسي (1797-1862)، نشر كتاب تعاقب البحر (Revolution de la mer) سنة 1842، وأشار فيه إلى أن الفترات الجليدية التي عرفتها الأرض تعود في أسبابها إلى تأثير العوامل الفلكية، وكذلك الشأن بالنسبة إلى العالم البريطاني جيمس كرول (James Croll) (1821 - 1890)، الذي طوَّر الأسس النظرية لتأثيرات العوامل الفلكية في مناخ الأرض، ومن إصداراته «المناخ والزمن في علاقتهما الجيولوجية» (Climate and Time, in their geological relations)، الذي صدر سنة 1875، وكتاب المناخ والفلك (Climate and Cosmology) الذي صدر سنة 1885.

لقد ارتقت فرضية ميلونكوفيتش إلى مستوى النظرية وذلك بفضل الأبحاث التجريبة التي قام بها المجلس الوطني للبحث التابع للولايات المتحدة الأمريكية (National Research Council) www.earthobservatory.nasa.gov، حيث مكنت أبحاث كل من هايس (Hays) وإمبري (Imbrie) وشيكلتون (Shackleton) من الاستدلال على صحة هذه الفرضية بوساطة طريقة الأكسجين O^{18} 18 حيث إن تركيب النظائر (Isotope) لعنصر الماء H_2o يتغير مع درجة الحرارة فذرة ^{18}O هي أثقل من ^{16}O، وبالتالي فإن H_2o^{18} ستتكثف بأكثر سرعة في الماء والجليد من H_2o^{16}. وبالتالي كلما كانت العلاقة بين H_2o^{18} وH_2o^{16} كبيرة كانت درجة الحرارة منخفضة، ويمكن للعلماء معرفة العلاقة بين H_2o^{18} وH_2o^{16} من خلال تحليل عينات الجليد القطبي (Berger, 1992, Hays et al,1976).

وترتكز دورة ميلونكوفيتش على ثلاث ركائز هي:

● **التغيرات في الاختلاف المركزي لمدار الأرض** Orbital Shape (Eccentricity)

إن مدار الأرض حول الشمس ليس مدارا دائريا تماما، لكنه مدار إهليلجي (Ellipse) تقع الشمس في أحد أطرافه. ويبلغ طول هذا المدار 900 مليون كم، وتبلغ سرعة الأرض في هذا المدار 30 كم في الثانية، وتمر الأرض في هذا المدار بأقرب نقطة من الشمس تسمى نقطة الحضيض (Perihelion)، ثم بأبعد نقطة تسمى بالأوج (Aphelion). ويعرف المدار الأهليلجي للأرض تغيرا من شكل شبه دائري (اختلافا مركزيا ضئيلا يقدر بـ 0.005) إلى شكل إهليلجي (اختلافا مركزيا كبيرا يقدر بـ 0.028)، وهذه التغيرات تتم على فترات زمنية تقدر بـ 413 ألف سنة. هذا ويقدر الاختلاف المركزي الحالي لمدار الأرض بـ 0.017. نجد تفسيرا لهذه التغيرات في قوانين نيوتن حيث إنها ناجمة أساسا عن الجاذبية المتبادلة بين كواكب المجموعة الشمسية، خاصة تأثير كل من كوكبي الزهرة وعطارد في كوكب الأرض. ويعتبر هذا العامل من أهم العوامل المؤثرة في كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى الأرض ضمن دورة ميلونكوفيتش. فعندما يكون الاختلاف المركزي كبيرا جدا فإن كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى الأرض عند نقطة الحضيض ترتفع بنسبة 23%، كما أن هذا العامل يؤثر في طول الفصول (الشكل 14). ففي حال حصول فصلي الخريف والشتاء، في أثناء اقتراب الأرض من أقرب مسافة لها من الشمس، فإن هذين الفصلين يكونان أقصر من الربيع والصيف. حيث يكون فصل الصيف أطول من فصل الشتاء بـ 4.66 يوم، كما أن فصل الربيع يكون أطول من فصل الخريف بـ 2.9 يوم (Richard et al., 1997., Wunsch, Carl., 2004).

● **ميلان محور الأرض** Axial tilt (Obliquity)

تدور الأرض حول الشمس بمحور مائل يقدر بـ 23 درجة و 45 دقيقة. ودرجة ميلان محور الأرض تتغير بمعدل يقدر بدرجة و30 دقيقة، وذلك خلال فترة تقدر بـ 41 ألف سنة. فمنذ 11 ألف سنة كان محور ميلان الأرض يقدر بـ 24 درجة، ومنذ 20 ألف سنة كان محور ميلان الأرض يقدر بـ 22 درجة. ويسبب هذا التغير في ميلان محور الأرض زيادة التباين الحراري بين الفصول، حيث تصبح أشهر الصيف شديدة الحرارة، وأشهر الشتاء شديدة البرودة. لكن هذه التغيرات الحرارية بين الشتاء والصيف تختلف في مدى تأثيراتها فمع زيادة ميلان محور الأرض فإن معدل الإشعاع الشمسي يزيد في العروض العليا للأرض ويقل في العروض الدنيا. وبالتالي فإنه من المرجح جدا أن تساهم عملية تتالي فصول صيفية باردة في بداية فترة جليدية، وذلك اعتبارا لقلة أو ضعف ذوبان ثلوج الفصل الشتوي. إن الانخفاض في مستوى ميلان محور الأرض يمكن أن يؤثر بشكل كبير في ظهور حقبة جليدية باردة نتيجة انخفاض معدل الإشعاع الشمسي الواصل إلى العروض العليا تزامنا مع برودة فصل الصيف. إن معدل

ميلان محور الأرض الحالي - المقدر بـ 23 درجة و45 دقيقة - هو في حالة تناقص تدريجي، ووفق التقديرات العلمية فإنه من المتوقع أن يبلغ أدنى مستوى له في غضون 10 آلاف سنة (الشكل 15) (J Imbrie, J Z Imbrie 1980).

● **مباكرة الاعتدالين Precession of Equinoxes**

تعني مباكرة الاعتدالين الفترة من السنة التي تكون عندها الأرض، في أثناء دورانها حول الشمس أقرب ما تكون إلى الشمس (نقطة الحضيض)، وتختلف من سنة إلى أخرى، والسبب في ذلك أن الأرض تشبه في دورانها حركة الدوامة، حيث إنها تتمايل أو تترنح؛ فمحور الأرض يتحرك حركة مخروطية مشابهة لحركة الدوامة التي تدور حول نفسها، وفي الوقت نفسه يتحرك محورها حركة مخروطية. ونتائج ذلك أن محور الأرض يصل إلى الوضعية التي يصبح فيها عموديا على أشعة الشمس قبل الموعد المحدد له بقليل، ولذلك فإن الاعتدال الخريفي يحدث قبل موعده النظري. وتعادل قيمة مباكرة الاعتدالين في السنة الواحدة 25760/1 من الدائرة. وبالتالي فإن اللحظة التي تكون فيها الأرض في مدارها حول الشمس إلى نقطة الحضيض في شهر يناير ستبقى 10500 سنة، حتى يحدث الحضيض في شهر يوليو. ويتصف الوضع الحالي بحدوث الانقلاب الشتوي للنصف الشمالي في نقطة الأوج، فيكون الشتاء في شمال الكرة الأرضية معتدلا، بينما يكون الصيف في النصف الجنوبي حارا جدا. أما فصل الصيف بالنسبة إلى النصف الشمالي للأرض فيحدث في نقطة الحضيض، ويكون الصيف معتدلا في حين يكون الشتاء في النصف الجنوبي باردا جدا. ونتائج هذه الوضعية هي تناقص الفوارق الحرارية بين الشتاء والصيف في النصف الشمالي، واحتدادها في النصف الجنوبي. ومنذ حوالى 11 ألف سنة كانت الوضعية معكوسة تماما (الشكل 16) (Zachos JC et al., 2001).

بيّن آخر الأبحاث العلمية أن مدار الأرض يعرف انحرافات فوقية وتحتية، وهذا البعد الثلاثي لم يكن ضمن سياق أبحاث ميلونكوفيتش، وتمتد دورة انحراف مدار الأرض حوالي 100 ألف سنة، وهو ما يتناسب مع فترات حدوث الحقب الجليدية، وقد أكدت الأبحاث العلمية - بالاستناد إلى طريقة الأكسجين O^{18}18 إلى ثبوت وصحة الانحرافات الثلاثية الأبعاد لمدار الأرض، وهو ما يمثل قرينة إضافية تؤكد صحة نظرية ميلونكوفيتش. ويقدر التأثير الإشعاعي للنظام المناخي نتيجة هذه التباينات بأقل من 0.2 واط في المتر المربع.

2 - 1 - 2 - الانفجارات البركانية والنشاط الشمسي

إن الإشعاع القادم من الشمس هو المصدر الأساسي لجميع الطاقة في النظام المناخي للأرض، ولذا فإن التباين في إجمالي الإشعاع الشمسي يمثل عامل تأثير إشعاعي. وتبين الراصدات بوساطة الأقمار الاصطناعية، منذ أواخر السبعينيات، أن الفروق النسبية طوال الدورتين الماضيتين للنشاط الشمسي، اللتين يبلغ كل منهما 11 عاما، تبلغ 1%، ويقدر التأثير الإشعاعي للنظام المناخي نتيجة لهذه التباينات بـ 0.3 واط في المتر المربع (van Loon, H.,

and D.J. Shea, 2000)، ويؤدي هباء الستراتوسفير (وهي جسيمات وقطيرات صغيرة للغاية يحملها الهواء) الناجم عن الثورات البركانية المتفجرة إلى تأثيرات سالبة تستغرق بضع سنين، وقد حدثت العديد من الثورات البركانية المتفجرة في الفترات من 1880 إلى 1920، ومن 1960 إلى 1991، ولم تحدث أي ثورات متفجرة منذ 1991 (Yang, F., and M. Schlesing-er, 2002).

2 - 2 - العوامل البشرية

2 - 2 - 1 - تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي مع ما يرافقها من تأثير إشعاعي لاتزال في ازدياد مستمر نتيجة الأنشطة البشرية

يمتص سطح الأرض الإشعاعات القادمة من الشمس، ثم تعيد مجموعة من الآليات في الغلاف الجوي والمحيطات توزيع هذه الطاقة وبثها من جديد في الفضاء، في شكل موجات طويلة (تحت الحمراء). وبالنسبة إلى المتوسط السنوي للأرض بأسرها تتوازن طاقة الإشعاع الشمسي القادمة بصورة تقريبية مع الإشعاع الأرضي الخارج منها. ويمكن أن يؤثر في المناخ أي عامل يغير من إعادة توزيع الطاقة داخل الغلاف الجوي. ويمكن القول إن الغلاف الجوي يمتص كثيرا من الإشعاع الخارج من سطح الأرض، ويعيد بثه إلى الأجزاء العلوية من الغلاف الجوي، وكذلك في اتجاه سطح الأرض، فتحافظ الأرض بهذه الآلية على حرارتها. وسوف تؤدي زيادة التركيزات في غازات الدفيئة إلى الحد من الكفاءة التي يصدر بها سطح الأرض الإشعاعات إلى الفضاء، أي خفض كمية الحرارة التي تتسرب إلى الفضاء الخارجي، وهو ما يعرف بزيادة تأثيرات الدفيئة، أي زيادة التأثير الذي يعمل في الغلاف الجوي للأرض منذ بلايين السنين نتيجة وجود غازات الدفيئة التي تحدث بصورة طبيعية مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والأوزون والميثان وأكسيد النيتروز. وتتوقف كمية التأثير الإشعاعي على حجم الزيادة في تركيز غازات الدفيئة وخصائصها الإشعاعية، وعلاوة على ذلك فإن كثيرا من غازات الدفيئة يستقر في الغلاف الجوي لقرون عديدة، بعد تصديره من الأرض، ثم ينتج إشعاعا طويل الأجل في التأثير الإشعاعي الموجب. وبصفة عامة لاتزال انبعاثات غازات الدفيئة والأهباء الجوية الناجمة عن الأنشطة البشرية تفضي إلى تآكل الغلاف الجوي بطرق تؤثر في النظام المناخي.

2 - 2 - 2 - ماهية غازات الدفيئة

تتباين غازات الدفيئة تباينا شاسعا من حيث الشكل والحجم والتوزيع المكاني، فبعض غازات الدفيئة يتصاعد إلى الغلاف الجوي مباشرة في حين أن البعض الآخر عبارة عن منتجات كيماوية نابعة من انبعاثات أخرى. كذلك لبعض غازات الدفيئة أوقات بقاء طويلة في الغلاف الجوي، ومن ثم فإنها ممزوجة بطريقة جيدة في مختلف أنحاء الغلاف الجوي، في

حين أن البعض الآخر قصير العمر وله تركيزات إقليمية متباينة. لكن في مقابل ذلك فإن القاسم المشترك لغازات الدفيئة هو نموها الكبير والمستمر منذ الثورة الصناعية (الشكل 17):

- التغيرات المرصودة في تركيزات غازات الدفيئة الممزوجة جيدا والطويلة العمر وتأثيرها الإشعاعي.

ظلت تركيزات غازات الدفيئة ثابتة نسبيا طوال الألفية السابقة للعصر الصناعي، غير أن تركيزات كثير منها زاد منذ ذلك الوقت، سواء بصورة مباشرة أو غير مباشرة، نتيجة الأنشطة البشرية، ويقدم الجدول أمثلة عن العديد من غازات الدفيئة وملخصات لتركيزاتها وفترة بقائها في الغلاف الجوي. وتسبب الأنشطة البشرية انبعاث أربعة غازات دفيئة رئيسية طويلة المدى هي:

- ثاني أكسيد الكربون (Carbon dioxide, CO_2): مع بداية عصر الصناعة ازداد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة 21%، وذلك من مستوى 280 جزءا من المليون (ppm) في سنة 1750 إلى 379 جزءا من المليون في سنة 2005. وقدر تأثيره الإشعاعي بـ +1.66 واط في المتر المربع. وقد بينت آخر الدراسات العلمية أنه خلال العشرية الأخيرة الممتدة بين 1995 و2005 قدرت نسبة زيادة ثاني أكسيد الكربون في الجو بـ 1.9 جزء من المليون، أي بزيادة 20% في التأثير الإشعاعي، وهي أعلى نسبة سجلت خلال السنوات الـ 200 الماضية. ويتأتى ما نسبته 75%من غاز ثاني أكسيد الكربون من احتراق الوقود الأحفوري، أما النسبة البقية فترجع في الأساس إلى تراجع المساحات الغابية، وبالتالي تناقص عمليات استبدال ثاني أكسيد الكربون بالأكسجين (Van Aardenne, J.A., et al., 2001).

- غاز الميثان (Methane, CH_4): زادت تركيزات غاز الميثان في الغلاف الجوي بنحو 151% منذ 1750، وقد بلغ معدل تركزه 1774 جزءا من البليون (pbb) في 2005، ويساهم في التأثير الأشعاعي بـ + 0.18 واط في المتر المربع. ومن أهم مصادر غاز الميثان عمليات التخمر التي تحصل في الأراضي الرطبة (Wetlands) ومكبات النفايات (Landfills) (Walter et al., 2001).

- أكسيد النتروز (Nitrous Oxide, N_2O): زاد تركيز غاز أكسيد النتروز في الغلاف الجوي باطراد خلال العصر الصناعي حيث قدرت الزيادة بـ 17% عما كان عليه في سنة 1750، وقد بلغ معدل تركزه بـ 319 جزءا من البليون في سنة 2005، والمصدر الأساسي لانبعاث هذا الغاز هو المخصبات الزراعية واحتراق الوقود الأحفوري.

- الكربون الهالوجيني (Halocarbon): هو من غازات الدفيئة الفاعلة والطويلة العمر، وهو عبارة عن مركبات كربونية تحتوي على الفلورين والكلورين والبرومين أو اليود. وتعد الأنشطة البشرية هي المصدر الوحيد لمعظم هذه التركيبات الغازية مثل الكربون الهالوجيني الذي

يحتوي على الكلورين (الكلوروفيلوكربون CFCs) في التبريد. وقد بلغت تركيزات بعض غازات الكربون الهالوجيني الدفيئة ذروتها في سنة 1994. ثم أخذت في التناقص التدريجي، وذلك بمقتضى اتفاق مونتريال القاضي بتقليل هذه الغازات المستنزفة لطبقة الأوزون الستراتوسفيرية واستبدالها تدريجيا ببدائل غازية أخرى. لكن الدراسات تشير إلى تزايد بدائل غازات الكلوروفيلوكربون CFCs المرصودة في الغلاف الجوي، وبعض هذه المركبات هي غازات دفيئة مثل الهيدروكلوروفلوروكربون (HCFCs) والبرفلوركربونات (PFCs) والهكسافلوريد الكبريت (SF6)، وهي غازات بشرية المنشأ، وتتميز بأزمنة بقاء طويلة في الغلاف الجوي، كما أن لها قدرة كبيرة على امتصاص الأشعة ما تحت الحمراء، ولذا فإن هذه المركبات - حتى مع بعض الانبعاثات الصغيرة نسبيا - تنطوي على إمكان التأثير في المناخ لفترات طويلة، فعلى سبيل الذكر فإن غاز الهكسافلوريد الكبريت يتميز بفاعلية - كغاز دفيء - تفوق غاز ثاني أكسيد الكربون بنحو 22200 مرة. وبصفة عامة قدر التأثير الإشعاعي للكربون الهالوجيني بـ 0.32 واط في المتر المربع (Velders, et al., 2005).

- التغيرات المرصودة في غازات دفيئة قصيرة العمر وتأثيراتها الإشعاعية

- يعتبر غاز الأوزون من غازات الدفيئة، ويوجد في طبقة الستراتوسفير وفي الأجزاء السفلية لطبقة التروبوسفير. وتتغير تركيزات هذا الغاز مكانيا، وعلاوة على ذلك فإن الأوزون ليس من الأنواع التي تصدر من خلال انبعاثات مباشرة، بل إنه يتكون في الغلاف الجوي من خلال عمليات كيميائية وضوئية. ويصنف غاز الأوزون التروبوسفيري المتولد عن التحولات الكيميائية الضوئية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، الناجم عن احتراق الوقود الأحفوري من ضمن غازات الدفيئة، لكنه يتميز بفترة بقاء قصيرة في الغلاف الجوى، تتراوح بين أسابيع وأشهر. ولذا فإن تقديرات الدور الإشعاعي للأوزون التروبوسفيري أكثر تعقيدا وأقل يقينا من غازات الدفيئة الممزوجة جيدا والطويلة العمر. ويقدر التأثيرالإشعاعي للأوزون التروبوسفيري بـ 0,35 واط في المتر المربع، الأمر الذي يجعل الأوزون التروبوسفيري يحتل المرتبة الثانية بعد ثاني أكسيد الكربون، وذلك من حيث التأثير الإشعاعي. وتبين عمليات الرصد والعديد من الدراسات النموذجية أن الأوزون التروبوسفيري قد زاد بنحو 35% منذ عصر ما قبل الصناعة (Van Dorland, 1997)

التغيرات المرصودة والنموذجية في الهباء الجوي

من المعروف أن الهباء الجوي يؤثر بصورة كبيرة في الموازنة الإشعاعية للغلاف الجوي للأرض. وتحدث التأثيرات الإشعاعية للهباء بطريقتين مختلفتين:

- **التأثير المباشر**: حيث يتناثر الهباء ذاته ويمتص الأشعة الشمسية والحرارية تحت الحمراء.

- **التأثير غير المباشر**: حيث يعدل الهباء من الخصائص الفيزيائية الدقيقة، ومن ثم الإشعاعية لتكون السحب.

- وينتج الهباء عن العمليات الطبيعية، بما في ذلك العواصف الرملية والنشاط البركاني، وكذلك عن النشاط البشري كحرق الوقود الأحفوري والكتل الأحيائية. وترتبط هذه المصادر أيضا بتدهور نوعية الهواء والترسبات الحمضية. وتؤكد الراصدات أن تركيزات هباء التروبوسفير قد زادت خلال السنوات الأخيرة نتيجة زيادة النشاط البشري، مما يؤدي إلى زيادة التأثير الأشعاعي. ويوجد الجانب الأكبر من الهباء في طبقة التروبوسفير السفلى، ويتعرض الهباء لتغيرات كميائية وفيزيائية في أثناء وجوده في الغلاف الجوي ويزال بدرجة كبيرة وبسرعة نسبية من خلال التهطال (عادة في غضون أسبوع). ونظرا إلى فترة البقاء القصيرة هذه، وعدم تجانس مصادره، فإن توزيع الهباء غير متجانس في التروبوسفير مع وجود أقصى كمياته بالقرب من المصادر. وتتوقف التأثيرات الإشعاعية الناجمة عن الهباء لا على التوزيعات المكانية فقط، بل كذلك على حجم وشكل الجسيمات، ولذا فإن التأثير الإشعاعي للهباء الجوي يشوبه قدر كبير من عدم اليقين، لكن الدراسات تتفق على التأثير الإشعاعي السلبي والمقدر 0,7 واط في المتر المربع (Zhou, M., et al., 2005).

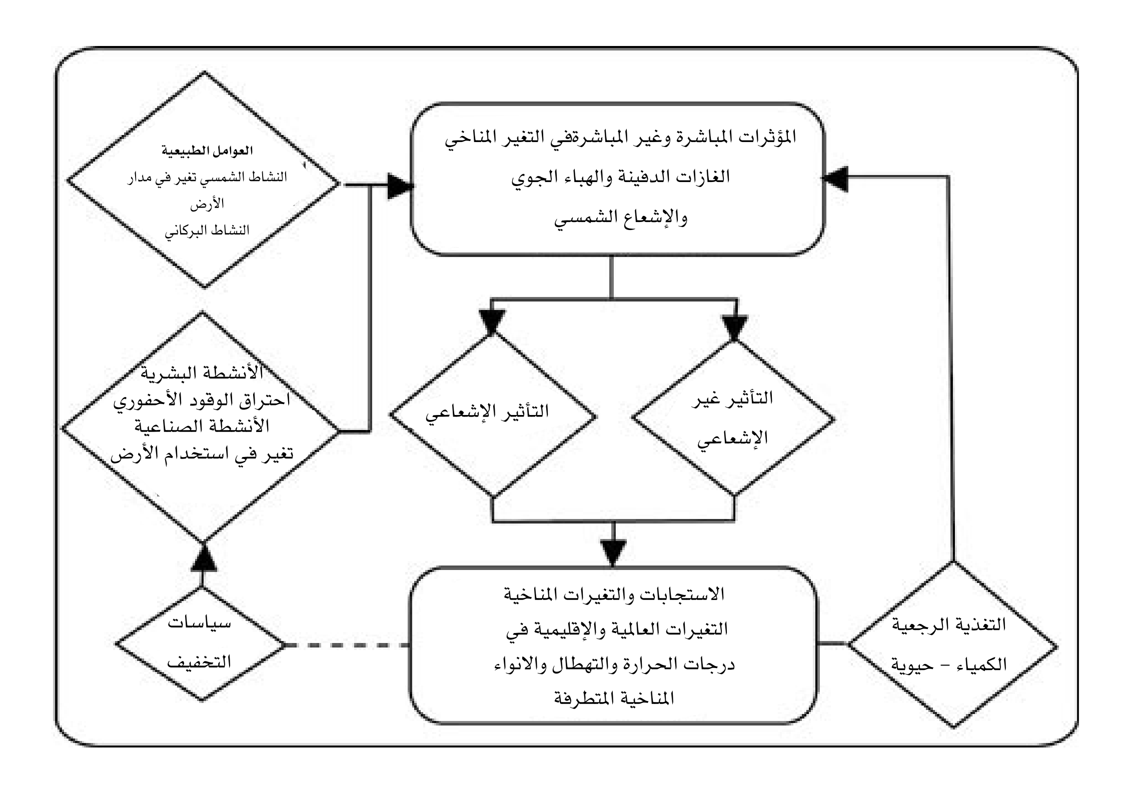
2 - 2 - 3 - التأثيرات الناجمة عن التغيرات في استخدام الأرض

يبدو أن التغيرات في استخدام الأرض، حيث تشكل الغابات العامل الرئيسي، أحدثت تأثيرات إشعاعية سالبة مقدارها -0,2 واط في المتر المربع، وتشير الدراسات إلى أن أكبر التأثيرات حدثت عند خطوط العرض القطبية، وذلك نتيجة إزالة الغابات التي تتميز ببياض (Albedo) منخفض نسبيا، وتحل مكانه المناطق المفتوحة المغطاة بالثلوج ذات البياض الأكثر ارتفاعا (Zhou, L.M., et al., 2001).

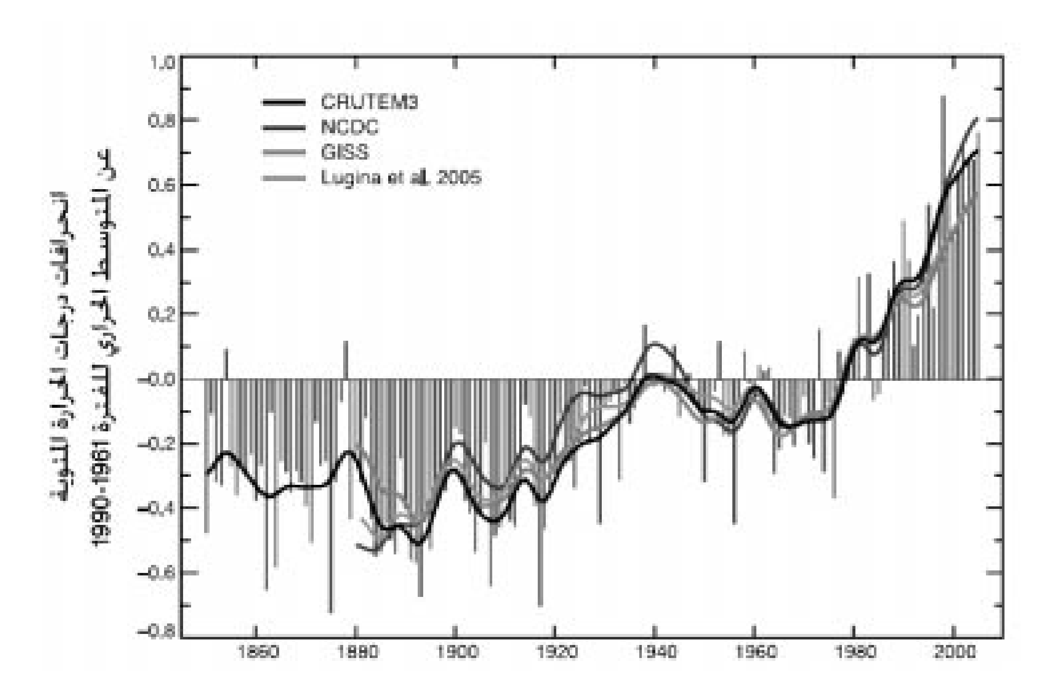
خاتمة

إن سمات المناخ الأرضي في المستقبل لا يمكن أن تُحدَّد إلا من خلال وصف الأداة الوحيدة التي توفر تقديرات كمية لتغيرات المناخ في المستقبل، وهي النماذج العددية. وقد ساعدت النماذج البسيطة الأولية على فهم توازن الطاقة في المنظومة المناخية، وتوفير تقديرات كمية عريضة لبعض المتغيرات التي وضعت لها متوسطات عالمية. لكن تعقيدات المنظومة المناخية تحول دون استخدام استقراء الاتجاهات الماضية لتقديم إسقاطات مستقبلية. إن الجيل الجديد من النماذج المناخية، الذي أسس بغية حل التعقيدات التي تنطوي عليها المنظومة المناخية وتوفير تقديرات أكثر دقة للتفاصيل الإقليمية، أصبح قادرا على استيعاب سيناريوهات المدخلات الخاصة بعوامل التأثير المستقبلية، وخاصة تلك المتعلقة بانبعاثات غازات الدفيئة. وتتوقف

الدرجة التي يستطيع بها نموذج محاكاة استجابات النظام المناخي على مستوى فهم العمليات الفيزيائية والفيزيائية الأرضية والكيماوية والبيولوجية التي تحكم هذا النظام. وسيناريوهات الانبعاثات الغازية هي في الحقيقية منبثقة عن سيناريوهات اقتصادية واجتماعية واسعة النطاق، تتضمن في سياقها تكهنات بانبعاثات غازات الدفيئة؛ انطلاقا من عدة مواضيع ومجالات مختلفة، مثل السكان والنشاط الاقتصادي وهياكل وآليات تصريف الأمور الاقتصادية والقيم الاجتماعية وأنماط التغير التكنولوجي والاستخدامات الطاقية. وهذه السيناريوهات، التي هي في الحقيقة وصف متماسك ومتناسق داخليا لحالة قد يكون عليها العالم في المستقبل، تتباين في تقديراتها الكمية العامة والإقليمية بخصوص الإسقاطات المستقبلية لمتوسطات الحرارة والتهطال وتواتر الأنواء المناخية المتطرفة. كما أنه تم الاعتماد بشكل أساسي على هذه السيناريوهات لتقييم آثار التغير المناخي في النظم الطبيعية والبشرية.

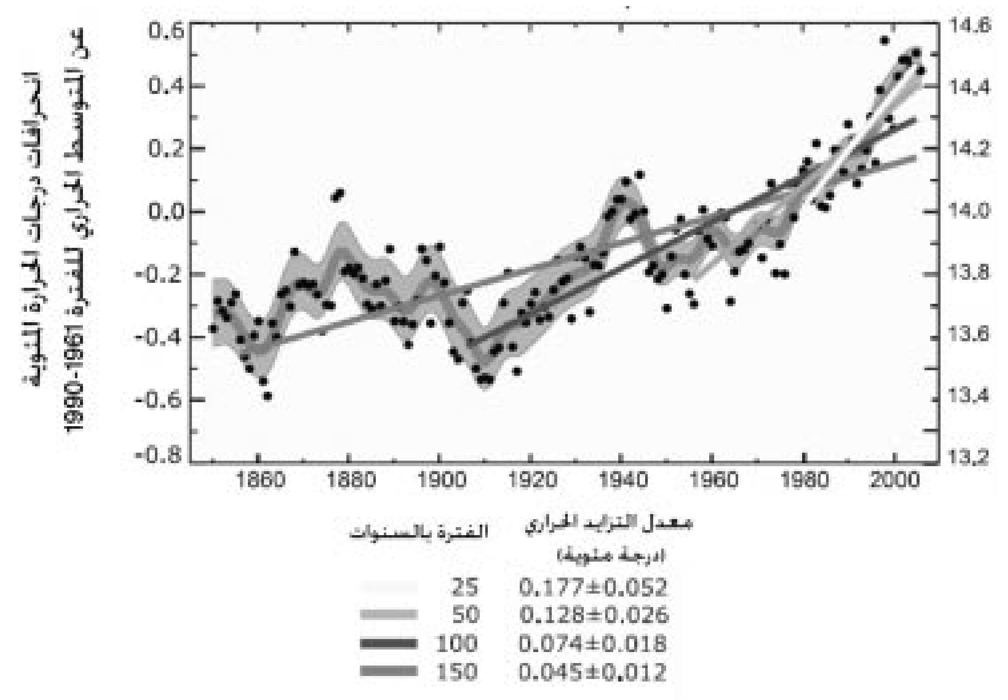


الشكل (1): مكونات التغير المناخي (تقرير الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ - 2007).

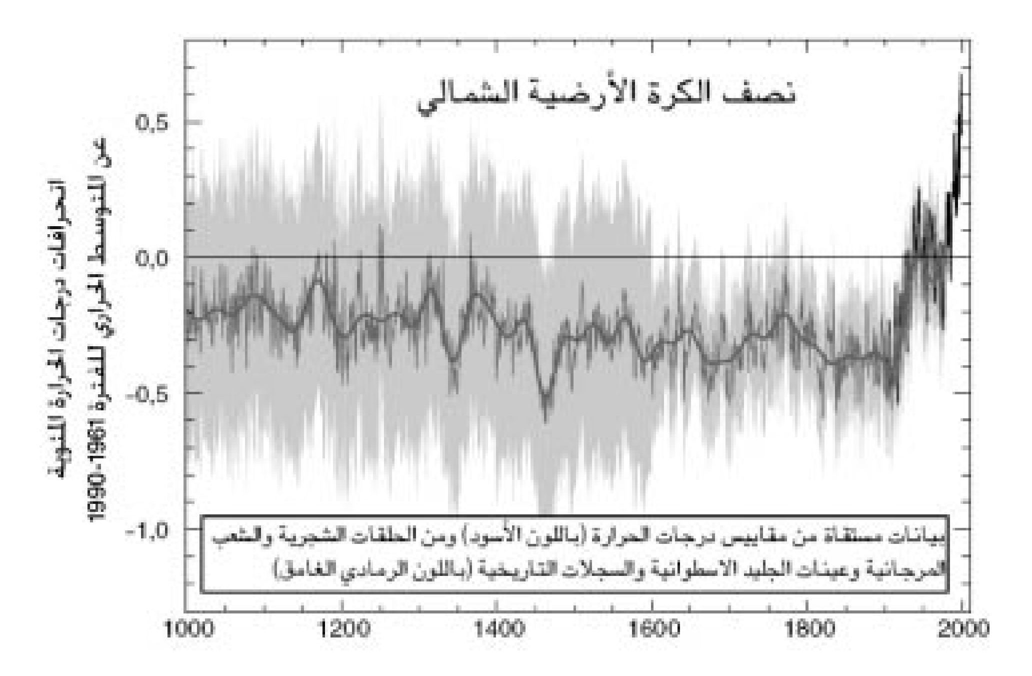


الشكل (2): التغيرات الطارئة على درجات حرارة سطح الأرض بين 1850 و 2005، وذلك استنادا إلى أبرز الأبحاث العلمية لكل من:

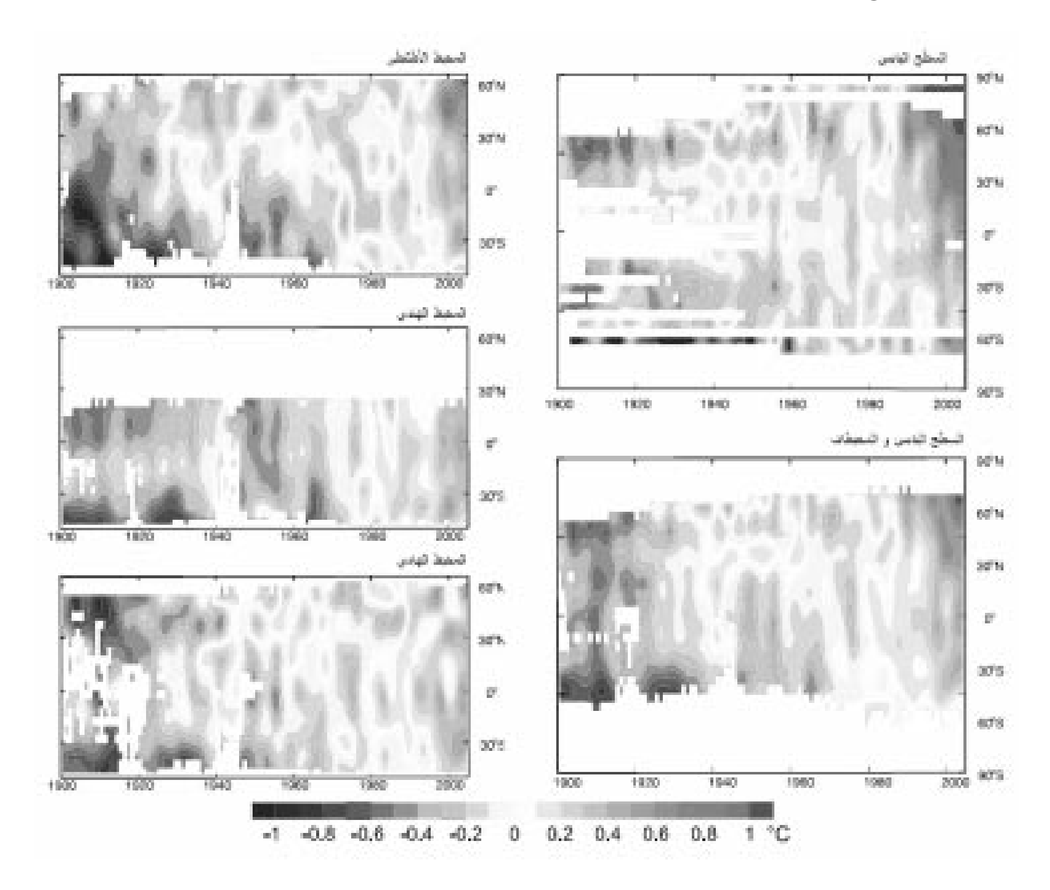
CRUTEM (Brohan et al 2006), NCDC (Smith and Reynolds.2005),GISS (Hansen et al.2001), Lugina et al.2005.



الشكل (3): أهم التغيرات الطارئة على درجات حرارة الأرض بين 1850 و 2005 (الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ - 2007).



الشكل (4): أهم التغيرات الطارئة على درجات حرارة الأرض خلال ألف العام الماضية (الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ - 2001).

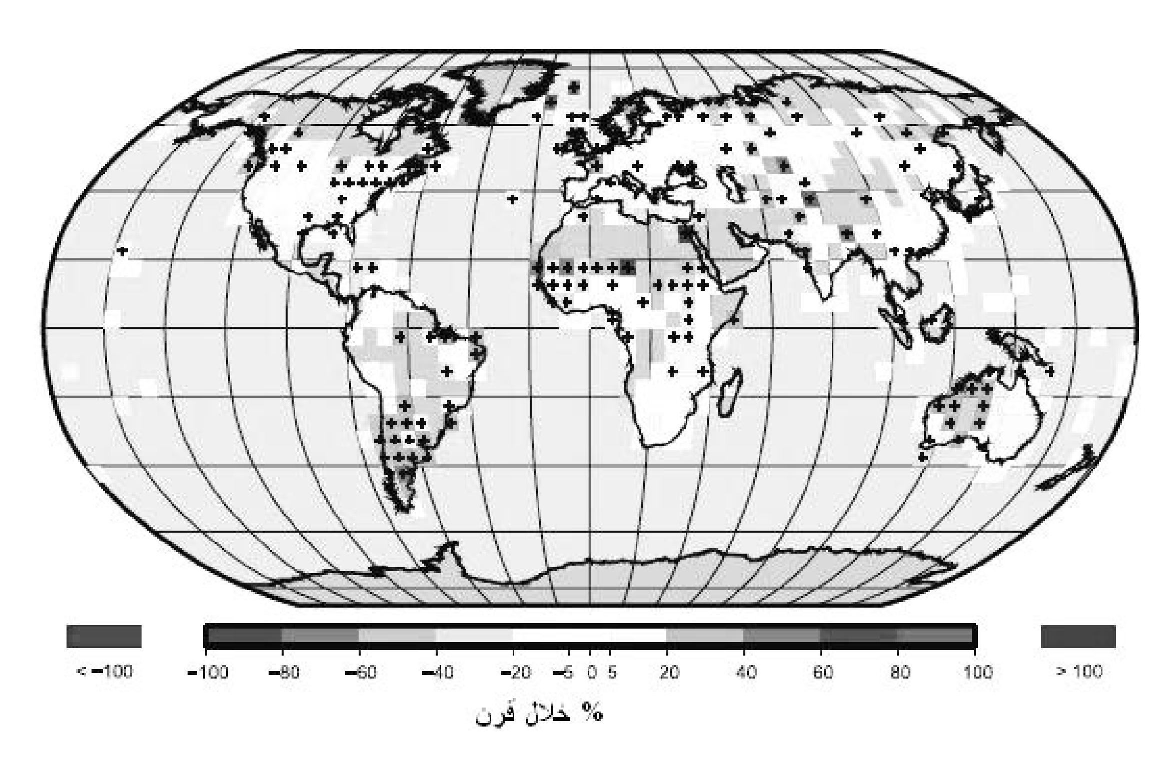


الشكل (5): التطور الزماني والمكاني للانحراف... درجات الحرارة بين 1900 و 2005 ، مقارنة بالمتوسط الحراري للفترة 1961- 1990 (خرائط درجات حرارة مياه المحيط Rayner et al. 2006). وخرائط درجات مياه السطح (Brohan et al. 2006).

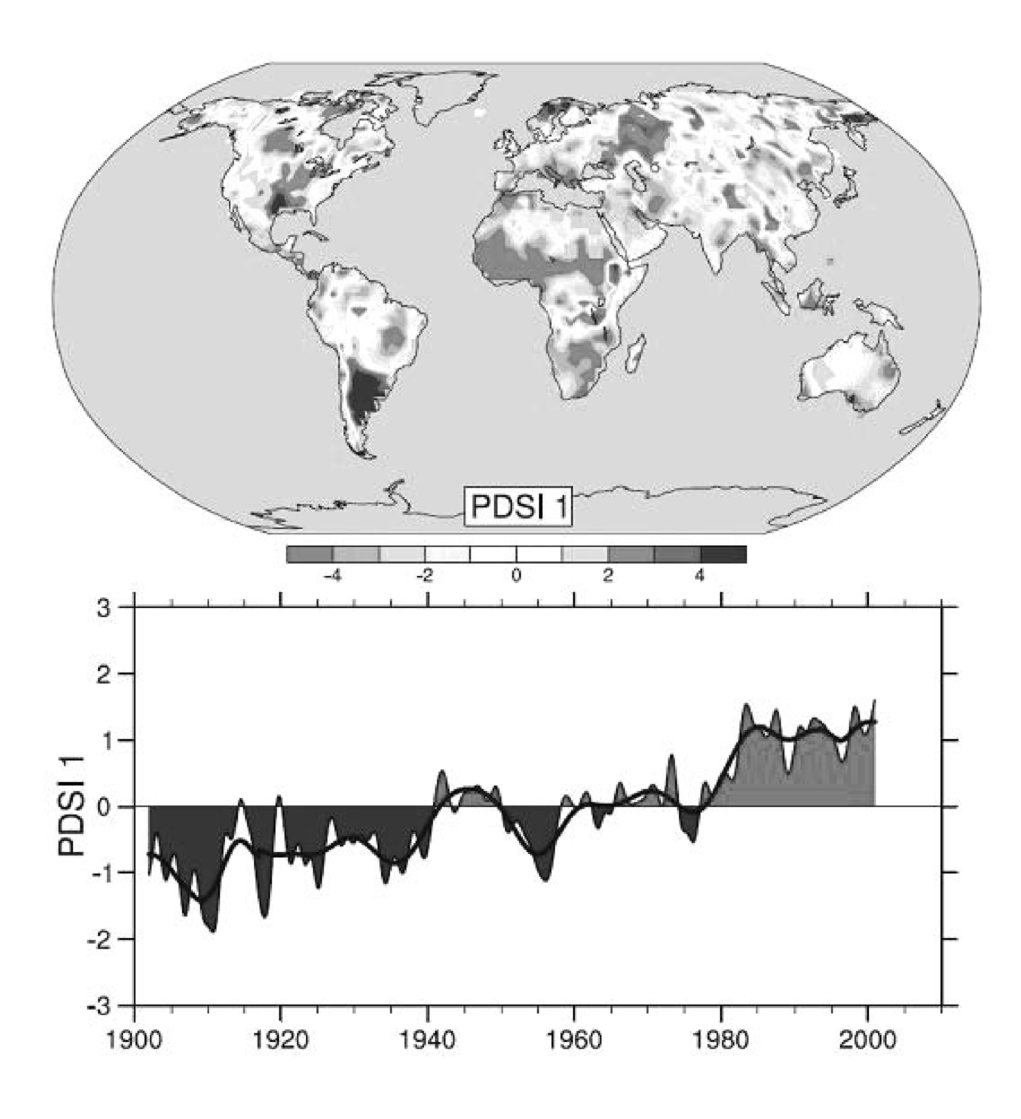
الأيام الباردة | الليالي الباردة

الأيام الباردة | الليالي الباردة

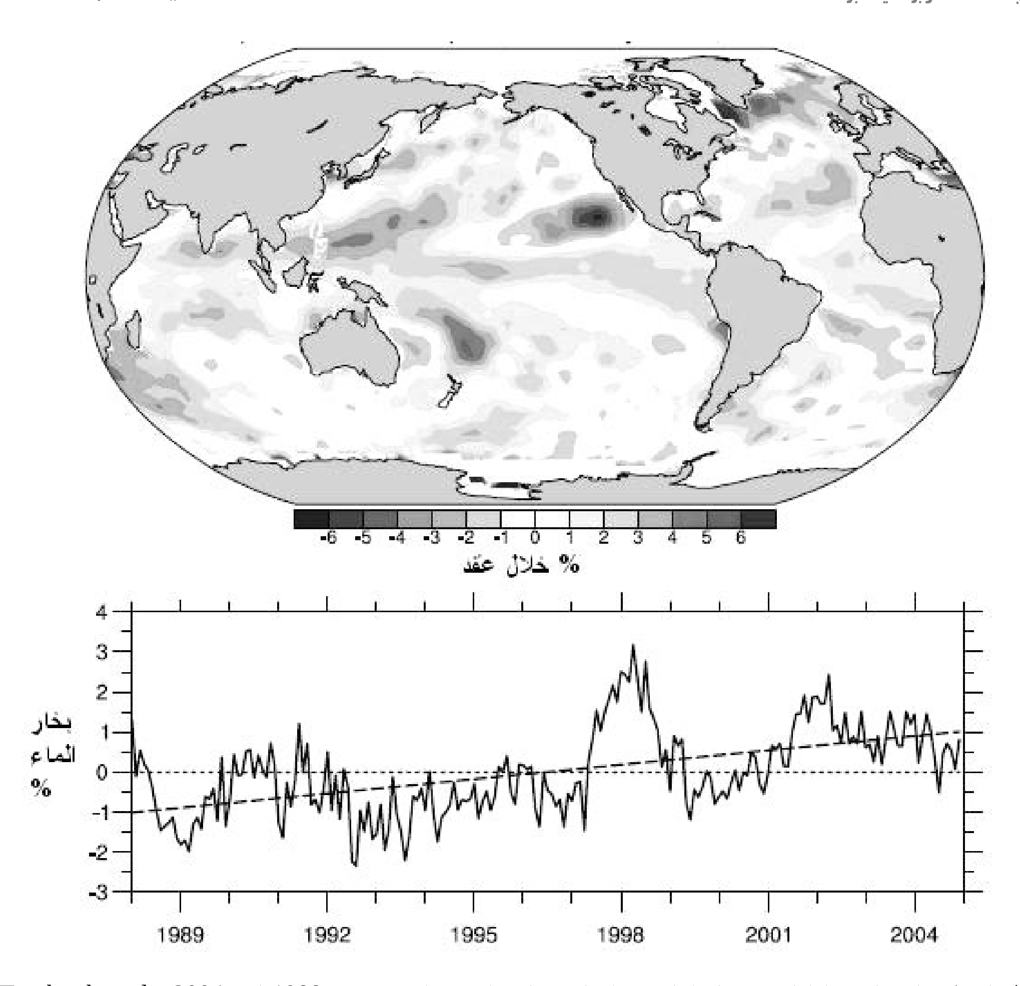
الشكل (6): تطور عدد الليالي والأيام الباردة والحارة في العالم خلال الفترة الممتدة من 1951 إلى 2003 (Alexander et al. 2006).



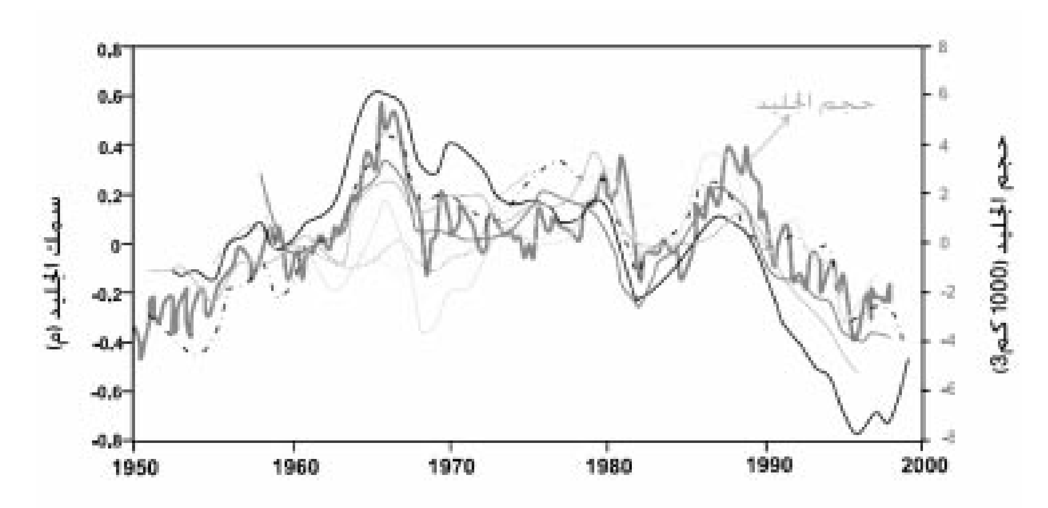
الشكل (7): تطور الإجمالي العام للتهطال في العالم بين 1901 و2005 (الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ - 2007)



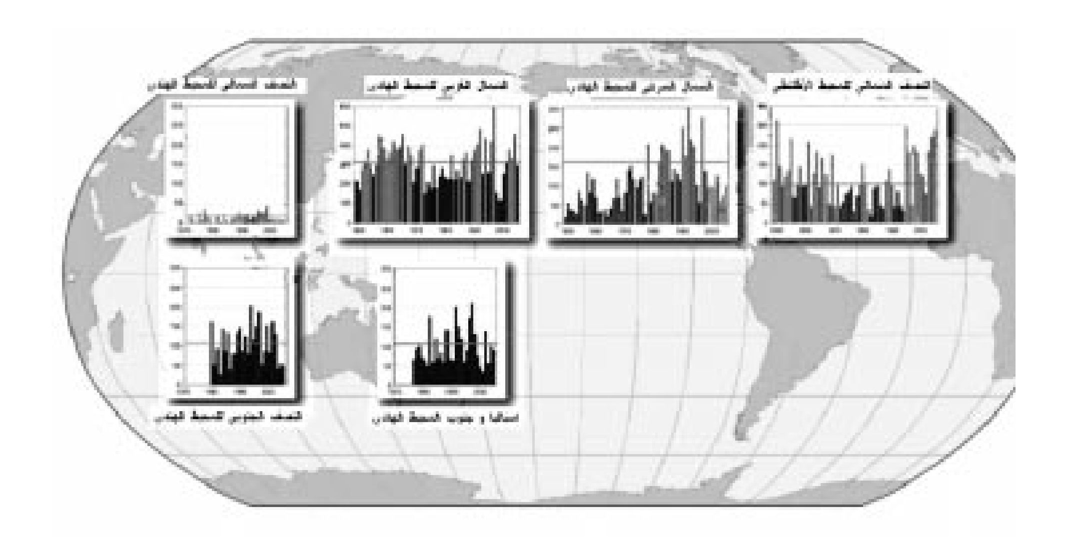
الشكل (8): التطور الزماني والمكاني للجفاف في العالم وذلك وفق مؤشر بالمار لشدة الجفاف (Palmer Drought Se-verity Index (PDSI))، خلال الفترة الممتدة من 1900 إلى 2002 - (Dai et al. 2004).



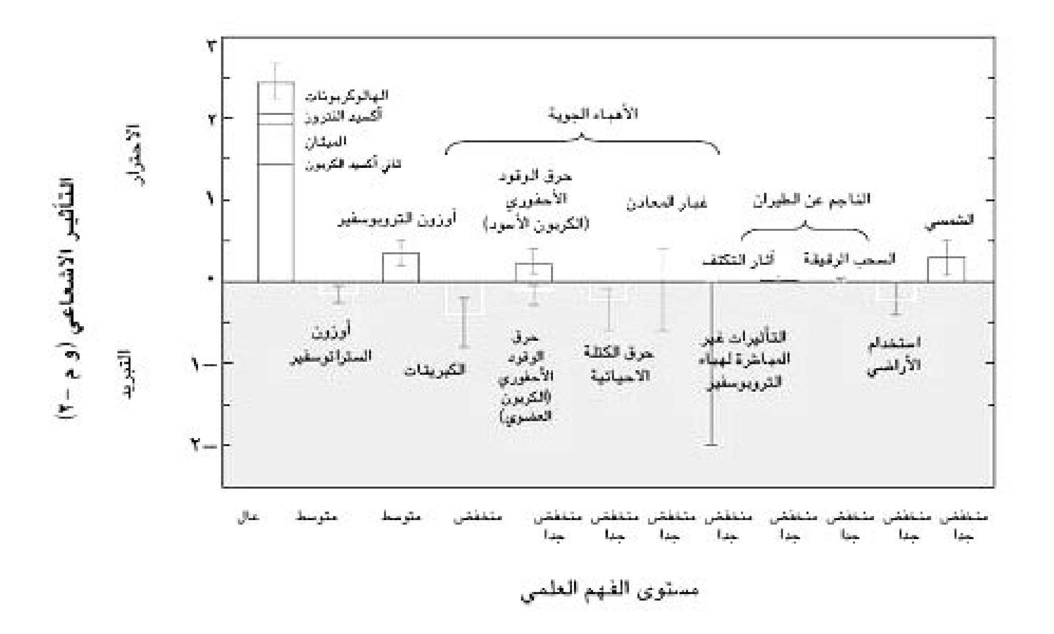
الشكل (9): التطور الزماني والمكاني لبخار الماء في العالم خلال الفترة الممتدة من 1988 إلى 2004 (Trenberth et al. 2005).



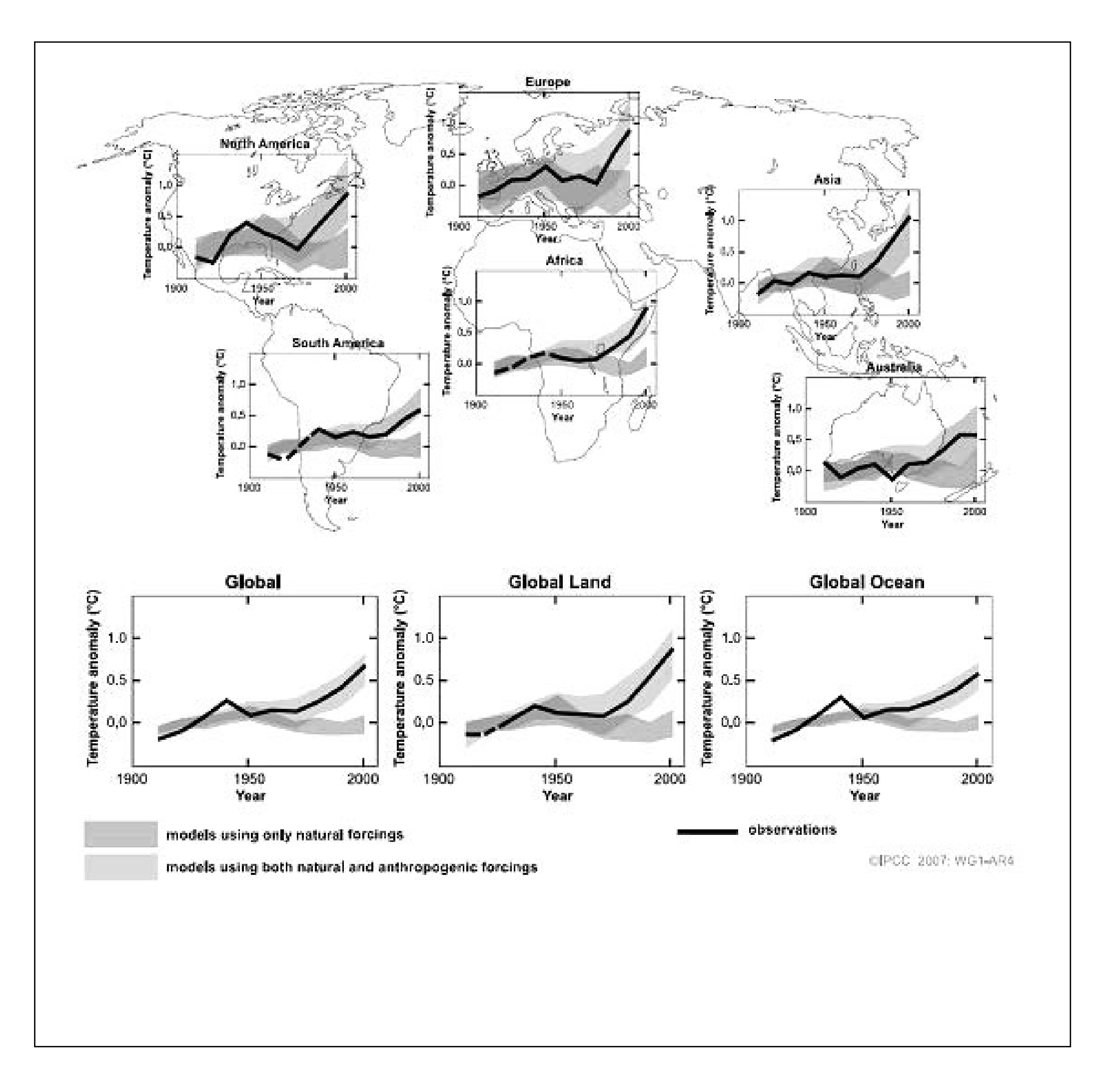
الشكل (10): تطور حجم وسمك الجليد في القطب الشمالي بين 1950 و2000 من خلال مخرجات النماذج الرقمية (سمك الجليد Rothrock et al., 2003 وحجم الجليد Koeberle and Gerdes, 2003).



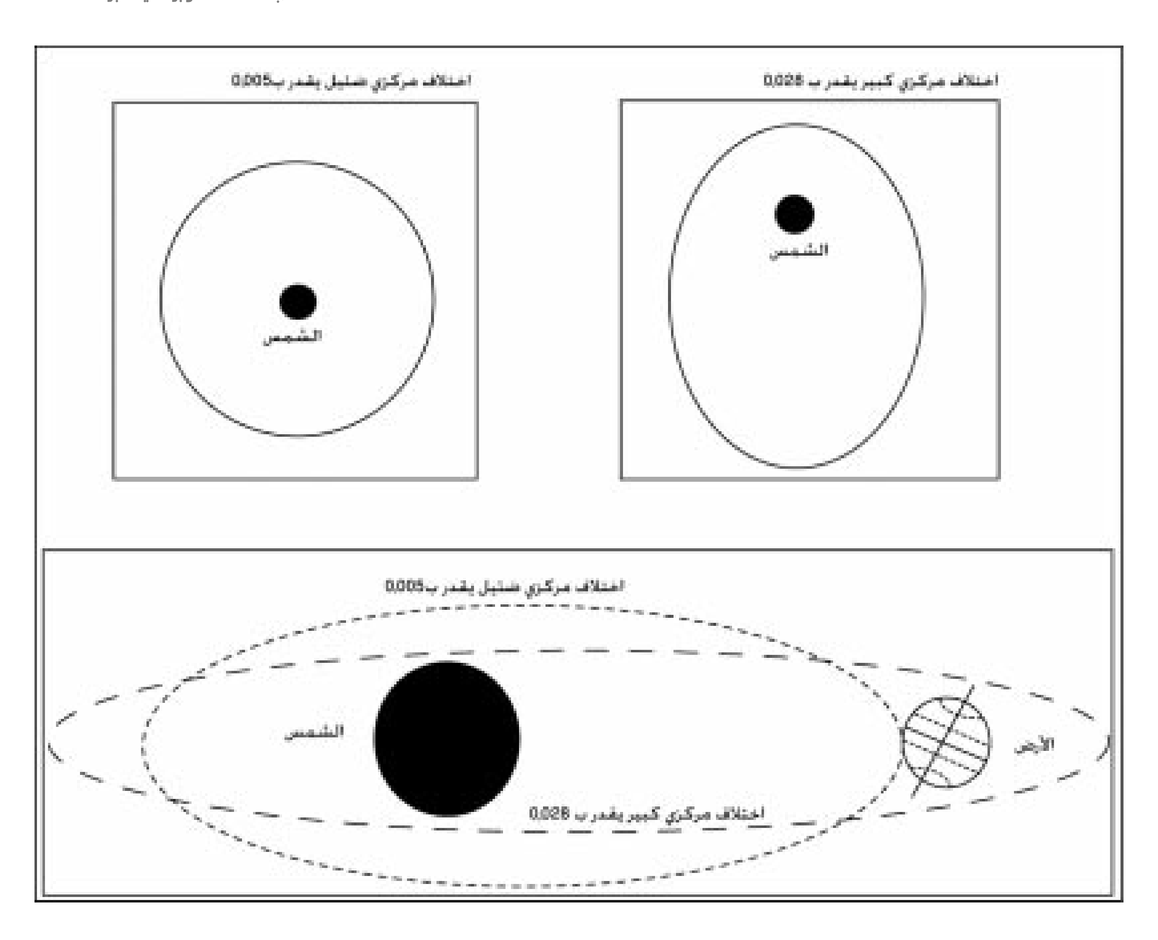
الشكل (11): تطور التوزيع الفصلي والسنوى لمؤشر طاقة الإعصار التراكمي (Levinson and Waple, 2004)



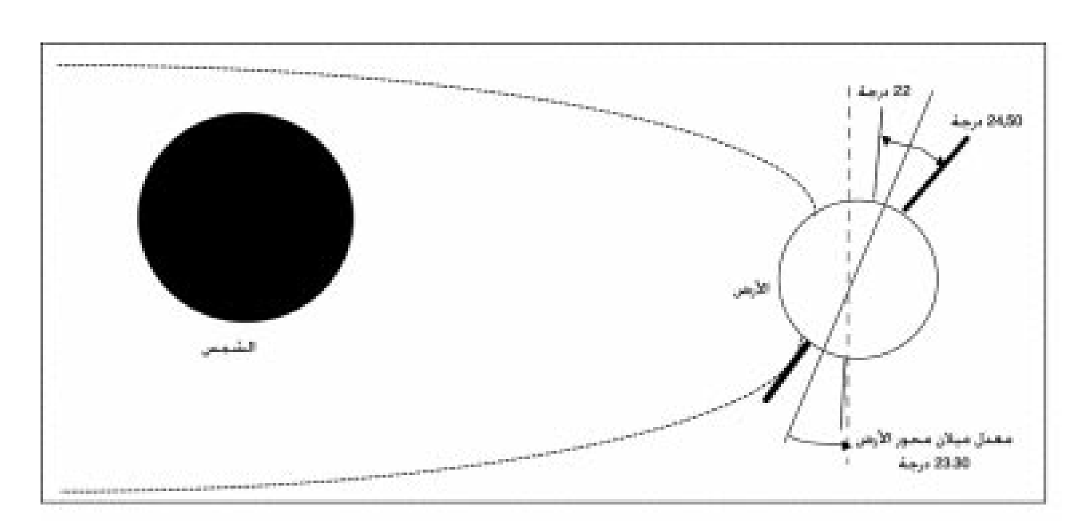
الشكل (12): عوامل خارجية كثيرة تكمن وراء تغير المناخ (الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ، 2001).



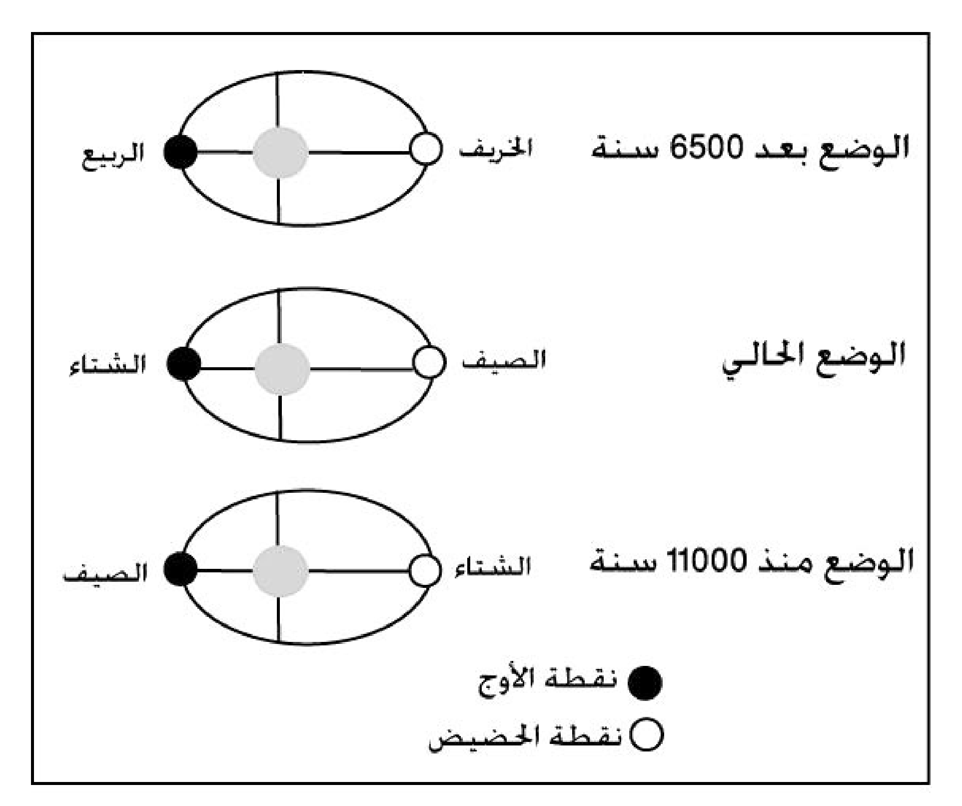
الشكل (13) : دور العوامل الطبيعية والبشرية في تفسير التغير المناخي من خلال استعمال النماذج الرقمية لمحاكاة التغيرات المناخية على المستوى الإقليمي (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ - 2007).



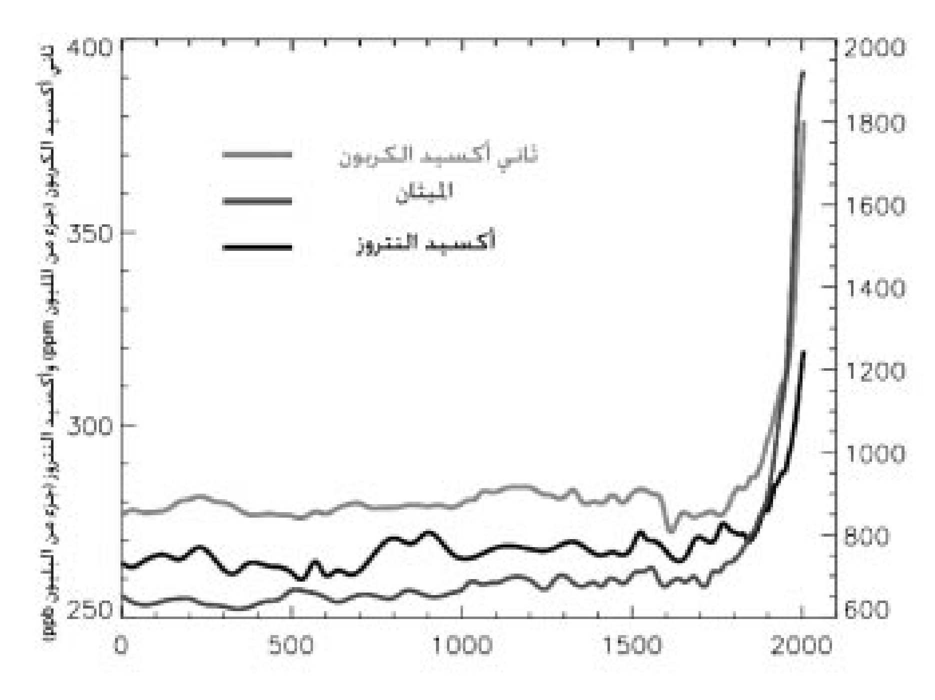
الشكل (14): التغيرات في الاختلاف المركزي لمدار الأرض.



الشكل (15): التغيرات في درجة ميلان محور الأرض.



الشكل (16): مباكرة الاعتدالين.



الشكل (17): التغيرات الطارئة على تركيزات ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النتروز خلال الفترة الممتدة من 0 إلى 2005 (الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، 2007).

المراجع

1 Ackley, S., P. Wadhams, J.C. Comiso, and A.P. Worby, 2003: Decadal decrease of Antarctic sea ice extent inferred from whaling records revisited on the basis of historical and modern sea ice records. Polar Res., 22(1), 19-25.

2 Agudelo, P.A., and J.A. Curry, 2004: Analysis of spatial distribution intropospheric temperature trends.Geophys. Res. Lett., 31, L22207, doi:10.1029/2004GL02818.

3 Alexander, L.V., et al., 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. J. Geophys. Res., 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.

4 Alley, W.M., 1984: The Palmer Drought Severity Index: limitation and assumptions. J. Clim. Appl. Meteorol., 23, 1100 - 1109.

5 Alpert, P., et al., 2005: Global dimming or local dimming?: Effect of urbanization on sunlight availability. Geophys. Res. Lett., 32, L17802, doi:10.1029/2005GL023320.

6 Alexander, L.V., et al., 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. J. Geophys. Res., 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.

7 Arendt, A.A., et al., 2002: Rapid wastage of Alaska glaciers and their contribution to rising sea level. Science, 297, 382/386.

8 André Berger, Le climat de la terre, Un passé pour quel avenir?, BruxellesÅ: De Boeck université, 1992 - 479 p.

9 Bamber, J.L., R.L. Layberry, and S.P. Gogineni, 2001: A new ice thickness and bed data set for the Greenland ice sheet, 1. Measurement, data reduction, and errors. J. Geophys. Res., 106, 33733?33780.

10 Beniston, M., 2004: The 2003 heat wave in Europe. A shape of things to come? Geophys. Res. Lett., 31, L02022, doi:10.1029/2003GL018857.

11 Beniston, M., and H.F. Diaz, 2004: The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland. Global Planet. Change, 44, 73-81.

12 Black, E.M., et al., 2004: Factors contributing to the summer 2003 European heatwave. Weather, 59, 217-223.

13 Bottomley, M., et al., 1990: Global Ocean Surface Temperature Atlas “GOSTA”. HMSO, London, 20 pp.+iv, 313 plates.

14 Brohan, P., et al., 2006: Uncertainty estimates in regional and globalobserved temperature changes: A new dataset from 1850. J. Geophys.Res., 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.

15 Comiso, J.C., 2003: Large scale characteristics and variability of the global sea ice cover. In: Sea Ice - An Introduction to its Physics, Biology, Chemistry, and Geology [Thomas, D. and G.S. Dieckmann (eds.)]. Blackwell Sience, Oxford, UK, pp. 112-142.

16 Duguay, C.R., et al., 2003: Ice-cover variability on shallow lakes at high latitudes: model simulations

and observations. Hydrolog. Process., 17, 3465?3483.

17 Dai A., K.E. Trenberth, and T. Qian, 2004: A global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870?2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming. J. Hydrometeorol., 5, 1117-1130.

18 Hansen, J., et al., 2001: A closer look at United States and global surface temperature change. J. Geophys. Res., 106, 23947?23963.

19 Hays J. D., Imbrie J. et Shackleton N. J.:Variations in the Earth's orbit: pacemaker of the ice ages. Science, vol. 194:1121-1132, 1976.

20 IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientifi c Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.

21 IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Scientifi c Basis. Contribution of Working Group I to the fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change www.ipcc.ch

22 J Imbrie, J Z Imbrie (1980). "Modeling the Climatic Response to Orbital Variations". Science 207 (1980/02/29): 943-953.

23 Landsea, C.W., 2005: Hurricanes and global warming: Arising from Emanuel 2005a. Nature, 438, E11-E13, doi:10.1038/nature04477.

24 Levinson, D.H., and A.M. Waple (eds.), 2004: State of the climate in 2003. Bull. Am. Meteorol. Soc., 85(6), S1-S72.

25 Lugina, K.M., et al., 2005: Monthly surface air temperature time series area-averaged over the 30-degree latitudinal belts of the globe, 1881- 2004. In: Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, Oak Ridge, TN, http://cdiac.esd.ornl.gov/ trends/temp/lugina/lugina.html.

26 Rayner, N.A., et al., 2006: Improved analyses of changes and uncertainties in sea surface temperature measured in situ since the mid-nineteenth century: the HadSST2 dataset. J. Clim., 19, 446-469.

27 Richard A Muller, Gordon J MacDonald (1997). "Glacial Cycles and Astronomical Forcing". Science 277 (1997/07/11): 215-218.

28 Ramaswamy, V., et al., 2001: Radiative forcing of climate change. In: Climate Change 2001: The Scientifi c Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel

29 on Climate Change [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 349-416.

30 Smith, T.M., and R.W. Reynolds, 2005: A global merged land and sea surface temperature reconstruction based on historical observations (1880-1997). J. Clim., 18, 2021-2036.

31 Trenberth, K.E., J. Fasullo, and L. Smith, 2005: Trends and variability in column integrated atmos-

pheric water vapor. Clim. Dyn., 24, 741-758.

32 Tett, S.F.B., et al., 2002: Estimation of natural and anthropogenic contributions to twentieth century temperature change. J. Geophys. Res., 107(D16), 4306, doi:10.1029/2000JD000028.

33 van Loon, H., and D.J. Shea, 2000: The global 11-year solar signal in July-August. Geophys. Res. Lett., 27(18), 2965?2968.

34 Van Dorland, R., F.J. Dentener, and J. Lelieveld, 1997: Radiative forcing due to tropospheric ozone and sulfate aerosols. J. Geophys. Res., 102(D23), 28079?28100.

35 Van Aardenne, J.A., et al., 2001: A 1 x 1 degree resolution dataset of historical anthropogenic trace gas emissions for the period 1890-1990. Global Biogeochem. Cycles, 15, 909?928.

36 Velders, et al., 2005: Chemical and radiative effects of halocarbons and their replacement compounds. In: Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues Related to Hydrofl uorocarbons and Perfl uorocarbons [Metz, B., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 133-180.

37 Walter, B.P., M. Heimann, and E. Matthews, 2001: Modeling modern methane emissions from natural wetlands 1. Model description and results. J. Geophys. Res., 106(D24), 34189-34206.

38 Wunsch, Carl (2004). "Quantitative estimate of the Milankovitch-forced contribution to observed Quaternary climate change". Quaternary Science Reviews 23: 1001-1012.

39 Yang, F., and M. Schlesinger, 2002: On the surface and atmospheric temperature changes following the 1991 Pinatubo volcanic eruption: a GCM study. J. Geophys. Res., 107(D8), doi:10.1029/2001JD000373.

40 Zachos JC, Shackleton NJ, Revenaugh JS, Palike H, Flower BP (2001). "Climate Response to Orbital Forcing Across the Oligocene-Miocene Boundary". Science 292 (5515): 274-278.

41 Zhou, M., et al., 2005: A normalized description of the direct effect of key aerosol types on solar radiation as estimated from aerosol robotic network aerosols and moderate resolution imaging spectroradiometer
radiometer

42 albedos. J. Geophys. Res., 110, D19202, doi:10.1029/2005JD005909.

43 Zhou, L.M., et al., 2001: Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. J. Geophys. Res., 106(D17), 20069 - 20083.

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

الاحتباس الحراري

د.م. سفيان التل (*)

يعمل الغلاف الجوي للكرة الأرضية بشكل طبيعي ومتوازن لكي يحتفظ بالحرارة اللازمة، التي تكفل بقاء الحياة واستمرارها على سطح هذا الكوكب. وقد استمر هذا التوازن آلاف السنين، ولولا هذه الحماية التي يوفرها الغلاف الجوي إزاء موجات الصقيع الكوني لانقرضت الأحياء على هذا الكوكب. وهكذا يقوم الغلاف الجوي بدور البيت البلاستيكي أو الزجاجي الذي تنمو فيه النباتات، ومن هنا جاء مصطلح ظاهرة البيوت الزجاجية أو ظاهرة الدفيئة[1].

وعندما تسطع الشمس على سطح هذا الكوكب تبث طاقة كهرومغناطيسية وجسيمات مشحونة؛ فتستقبل الأرض وما عليها جزءا منها. لكن سطح الأرض الدافئ يعيد إشعاع الطاقة نحو الفضاء على شكل موجات حرارية طويلة الطول الموجي. وخلال هذه العملية تقوم بعض الغازات، التي سميت بالغازات النذرة أو غازات الدفيئة[2]، بامتصاص واحتجاز جزء من الموجات الحرارية في أثناء ارتدادها إلى الفضاء (انظر الشكل 1). ولا يؤدي الغازان الرئيسان في الغلاف الجوي (الأكسجين، الذي يشكل 21%، والنيتروجين، الذي يشكل 78%) أي دور في هذه العملية. ويبقى الدور الفعال في احتجاز الموجات الحرارية للغازات الأخرى، التي تشكل بمجموعها نسبة 1% فقط، ومنها الغازات النذرة، وهي غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وغاز الميثان وأكسيد النيتروز والمواد الكلورية الفلورية الكربونية والأوزون والغازات الأخرى، وهي بهذا تؤدي دورا يفوق نسبتها، إذ إنها تحتجز الموجات الحرارية التي تضمن استمرار الحياة على كوكب الأرض[3].

(*) مستشار دولي في شؤون البيئة - المقرر العام الأسبق لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، المملكة الأردنية الهاشمية.

تقول النظرية: «إنه كلما زاد تركيز غازات الاحتباس الحراري في الهواء فإن الإشعاع المستقبل عند مستوى الأرض لا ينخفض انخفاضا ملحوظا، في حين ينخفض انخفاضا كبيرا فقد الإشعاع الحراري من اليابسة وسطوح الماء إلى الفضاء، وتكون النتيجة وجود فائض من الطاقة المتاحة عند مستوى الأرض، ومن ثم ارتفاع درجة حرارة هواء السطح»[4].

ولولا تأثير الاحتباس الحراري الطبيعي بفعل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء لانخفضت درجة حرارة سطح الأرض بمقدار 33 درجة مئوية عن مستواها الحالي، أي لهبطت إلى ما دون مستوى تجمد الماء. وعلى الرغم من هذه الأهمية لغاز ثاني أكسيد الكربون في سيناريو استمرارية الحياة على سطح كوكب الأرض، فإن نسبته إلى مجموع غازات الغلاف الجوي لا تتجاوز 0.035% (أي أن كل مائة ألف جرام من مكونات الغلاف الجوي تحتوي على 35 جراما من ثاني أكسيد الكربون)[5].

وكان الاعتقاد السائد أن ثاني أكسيد الكربون هو غاز الاحتباس الحراري الوحيد، غير أن البحوث التي أجريت في السبعينيات والثمانينيات من القرن الماضي كشفت عن غازات أخرى لديها خصائص شبيهة بخصائص غاز ثاني أكسيد الكربون، في ما يتعلق باحتجازها الموجات الحرارية. ومن بين هذه الغازات أكسيد النيتروز والميثان والكلور فلوركربون وأوزون الثويوسفير[6].



الشكل (1) - **المصدر المرجع الرقم** (24)



الشكل (٢): رسم نموذجي عن مفعول الدفيئة الطبيعي - المصدر: تغير المناخ 2007

غازات الدفيئة

1 - ثاني أكسيد الكربون

يوجد غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بصورة طبيعية، وينتج أيضا عن النشاطات البشرية المختلفة من مثل حرق الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية، فضلا عن التغيرات في استخدام الأراضي وغيرها من العمليات الصناعية. ويعد ثاني أكسيد الكربون هو غاز الدفيئة الرئيس البشري المنشأ، الذي يؤثر في التوازن الإشعاعي للأرض، وهو يستخدم كغاز مرجعي في احتساب معامل الاحترار لغازات الدفيئة الأخرى، وبذلك فإن له إمكان احترار عالمي قيمتها 1 (7).

وقد عرف العلماء تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون في المناخ منذ أكثر من قرن، ولكن الاهتمام بهذا الغاز من منظور أثره في الاحترار العالمي زاد أخيرا عندما بدأت الظواهر تشير إلى أن الأنشطة البشرية، التي تتزايد يوما بعد يوم، يمكن أن تزيد من نسبته في الغلاف الجوي، وبذلك تتسبب في ارتفاع درجة حرارة الأرض. ومع ارتفاع درجة حرارة الأرض تنتج اختلالات جذرية تمس دورات طبيعية أخرى لموارد الأرض، فينعكس ذلك اختلالا في مقومات استمرارية الحياة على ظهر البسيطة. ويكفي أن نشير في هذا المضمار

إلى انعدام الحياة على كوكبي المريخ والزهرة؛ نظرا إلى ارتفاع درجة حرارة سطحيهما بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري الناجمة عن ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للكوكبين (تبلغ نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لكوكبي المريخ والزهرة 96% و 98%على التوالي).

ولا بد من الإشارة في هذا الصدد إلى أن غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي للأرض ينتج بكميات كبيرة من بعض العمليات الطبيعية، إذ تطلق الكائنات الحية منه ما يقارب مائة ألف مليون (100.000 مليون) طن سنويا عن طريق التنفس، وعندما تتحلل النباتات تطلق ما بين ألفين وخمسة آلاف مليون (2000 و5000 مليون) طن سنويا، إلا أن هذه الكميات من الغاز المنبعث تستهلكها النباتات الخضراء في عملية التمثيل الضوئي، التي تعتبر عاملا أساسيا في بقاء الحياة، ولولاها لما أمكن للسلسلة الغذائية أن تكتمل حلقاتها، كما أن المسطحات المائية تمتص نسبة من غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلقة. ونتيجة لعوامل الإنتاج الطبيعي لغاز ثاني أكسيد الكربون وعوامل الاستهلاك تبقى النسبة الطبيعية لهذا الغاز في حدودها الطبيعية (0.035%)، لتدعم مقومات الحياة على سطح كوكب الأرض، ومن بينها المعدلات المناسبة لدرجة حرارة سطح الأرض، ونسبة المسطحات المتجمدة، ومستوى ارتفاع المسطحات المائية.

لكن النشاطات البشرية المتزايدة بدأت تخل بهذا التوازن الطبيعي لنسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، فعملية حرق الوقود الأحفوري تطلق كميات إضافية هائلة من ثاني أكسيد الكربون، تقدر بحوالي 5 مليارات طن سنويا، وتبقى نسبة تتراوح بين 40 و60 في المائة من هذا الغاز في الجو، بينما تعمل الأحواض الطبيعية والبحار والمحيطات على امتصاص البقية الباقية، وقد ساهمت عملية تدمير الغابات وتدمير كثير من النباتات الأخرى في الإخلال بهذا التوازن أيضا. وتقدر بعض الدراسات أن إزالة الغابات في المناطق الاستوائية قد تؤدي إلى إطلاق ما بين 310 و1300 مليون طن كربون سنويا، كما أن تحويل تربة الغابات إلى استخدامات أخرى يطلق ما بين 110 و250 مليون طن إضافي. ويمكن القول إن تدمير الغابات والمراعي والآثار الناجمة عن الترسب الحمضي يمكن أن يطلقا كمية إضافية تقدر بـ 1600مليون طن سنويا. وتختلف التقديرات في هذا المجال وفق سيناريوهات مختلفة لاستعمال الوقود وأحوال الغابات، وقد تصل إلى 7500 مليون طن عام 2050.

وتشير توقعات البيئة العالمية 2 عام 2000 والكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2003[9] [11] إلى أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وصلت إلى مستوى جديد قارب أن يبلغ 23900 مليون طن بزيادة 400 مليون طن على مستويات عام 1995، وتساوي هذه النسبة 4 أضعاف الانبعاث الكلي عام 1950. أما التقديرات المتوقعة لعام 2030 فتشي بأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تتراوح بين 10 و30 مليار طن من الكربون في السنة.

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

وحتى يتمكن العلماء من المقارنة بين تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو خلال عصور مختلفة، لجأوا إلى الكتل الثلجية المتجمدة؛ فاقتنصوا الهواء المحصور في الفجوات في الأنهار الجليدية، لمعرفة نسبة ثاني أكسيد الكربون في العصر الجليدي المتأخر، أي قبل 18 ألف سنة، فكانت 200 جزء بالمليون بالحجم. أما مرصد مونالاوا في هاواي فقد بدأ قياسات ثاني أكسيد الكربون منذ عام 1958، وظهرت الزيادة بمقدار 315 جزءا بالمليون بالحجم، وأخذت بالارتفاع سنة بعد أخرى لتبلغ 5% سنويا[9] (انظر الشكل 3).

وتجدر الإشارة إلى أن تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الجو تتوقف على الكميات المنبعثة من الوقود الأحفوري، وعلى مصدر الطاقة من حيث نوعه وكميته، وعلى كمية الانبعاثات من مصادر حيوية، وتتوقف كميته أيضا على معدل إزالة الغابات والتغيرات التي تطرأ على الغطاء النباتي مستقبلا، كما تتوقف على معدل إزالته عن طريق المصافي الطبيعية المختلفة، وتشير تقديرات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أنه إذا ظلت معدلات الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون التي يتسبب فيها الإنسان عند معدلها الحالي فسوف يزيد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي حتى يتراوح بين 460 و560 جزءا في المليون وفق الحجم بحلول عام 2100 [10]. ويوضح الجدول (1) الزيادات التي طرأت على غاز ثاني أكسيد الكربون منذ العصر الجليدي المتأخر وحتى التوقعات في عام 2100.

أما إذا وصلت هذه النسبة إلى ما بين 800 و1000 جزء في المليون فسوف ينهار الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي شمال الأطلسي، الذي سنتحدث عنه لاحقا[12].

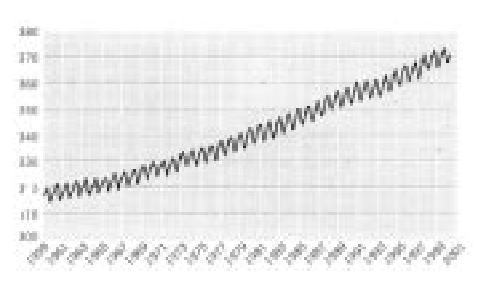
ويوضح الجدول (1) والشكل (4) تزايد ثاني أكسيد الكربون منذ بدء القياسات وحتى تقديرات نهاية القرن مجمعة من مصادر مختلفة.

الجدول (1): تزايد ثاني أكسيد الكربون في الجو

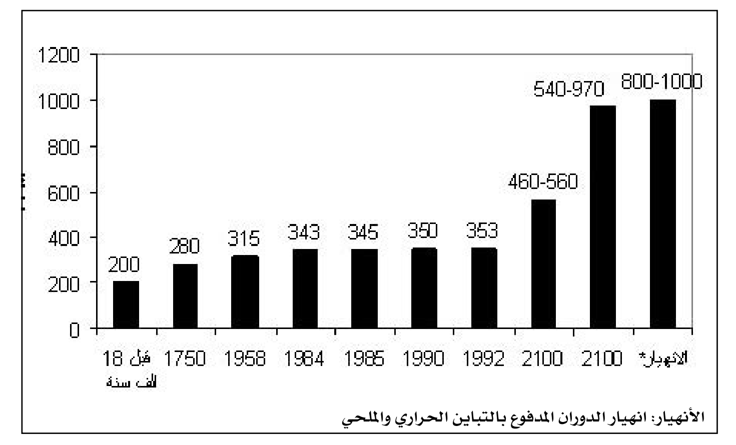
الفترة الزمنية	جزء من المليون بالحجم	المرجع
العصر الجليدي المتأخر قبل 18 ألف سنة	200	(3)
قبل الثورة الصناعية عام 1750	280	(2) (3)
1958	315	(2) (3)
1984	343	(2)
1985	345	(3)
1992	353	(13)
1998	365	(15)
1999	367	(14)
التوقعات عام 2100	460 - 560	(13)
توقع نماذج دورة الكربون 2100	540 - 970	(14)
انهيار الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي شمال الأطلسي	800 - 1000	(12)

المصدر: سفيان التل

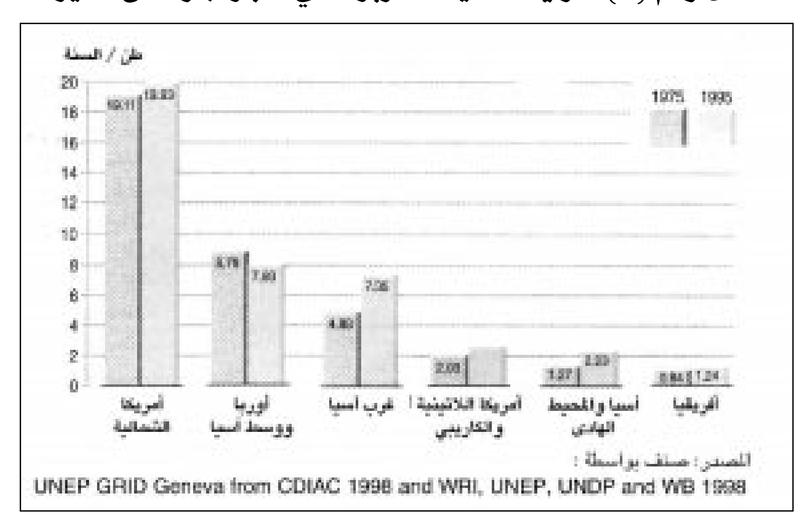
ويمكن القول إن غاز ثاني أكسيد الكربون قد زاد في الغلاف الجوي منذ عام 1750 بنسبة 31%، علما أن هذه النسبة لم يتم تجاوزها خلال الأعوام الأربعمائة والعشرين ألفا الماضية. ومعدل الزيادة لم يسبق لها مثيل خلال العشرين ألفا الماضية على الأقل. (انظر الشكل 3 والشكل 4).



الشكل (3) تركيز ثاني أكسيد الكربون وفق قياسات مرصد مونا لاو في هاواي (جزء من المليون في الحجم)



الشكل رقم (4): تزايد أكسيد الكربون في الجو جزء من المليون



الشكل (5) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد الواحد

ويمكن أن تؤثر التغيرات في استخدام الأراضي[13] (مثل إعادة التشجير وزراعة الغابات مثلا) في خفض نسبة تركيز هذا الغاز، فلو افترضنا أنه يمكن إعادة كل الكربون الذي أطلق حتى اليوم عن طريق تشجير الأرض، لأمكن خفض تركيز هذا الغاز بما يتراوح بين 40 و70 جزءا بالمليون، أي إعادته تقريبا إلى ما كان عليه قبل الثورة الصناعية عام 1750 [14].

2 - الميثان [15]

«ينتج الميثان بواسطة البكتيريا اللاهوائية الموجودة في الظروف التي ينعدم فيها الهواء في النظم الأيكولوجية الطبيعية للأراضي الرطبة وحقول الأرز، وفي أمعاء الحيوانات المجترة والخالية من الأكسجين، وفي أمعاء النمل الأبيض والحشرات المستهلكة للخشب ومقالب القمامة. ويتراوح التدفق السنوي من هذا الغاز إلى الجو بين 400 و600 مليون طن سنويا» ويزول ما نسبته 90% من الميثان المنبعث في الجو عن طريق الأكسدة، ويبقى ما نسبته 10% محمولا في الهواء. وتسهم نظم الأراضي الرطبة في إطلاق يتراوح بين 100 و150 مليون طن سنويا، إلا أن ذلك يتأثر بدرجة حرارة التربة والهواء والرطوبة ومقدار المواد العضوية وتكوينها والنباتات. وتعتبر الأراضي الرطبة ضمن الدائرة القطبية الشمالية مصدرا مهما لهذه الغازات؛ إذ تسهم بنصف التدفقات على الصعيد العالمي، أما حقول الأرز فتقدر انبعاثاتها بين 100 و110 ملايين طن سنويا، وتسهم زراعة الأرز في الصين بنصف هذه الكمية. ولهذا فقد ارتفعت انبعاثات غاز الميثان من 75 مليون طن عام 1950 إلى 115 مليون طن عام 1980، كما أن إنتاج الحيوانات المنزلية من الميثان يقدر بحوالي 74مليون طن سنويا، بينما يقدر إنتاج النمل الأبيض بين 15 و 150مليون طن سنويا[16].

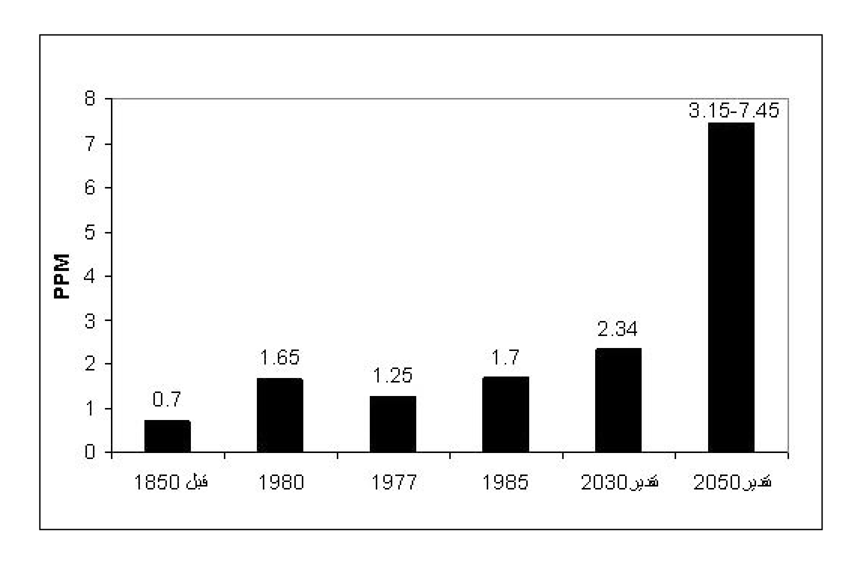
وازدادت تركيزات الميثان بمعدل 151% منذ عام 1750، وهي لا تزال في ازدياد، ولكنها لم تتجاوز تركيزات الميثان في الغلاف الجوي خلال السنوات الأربعمائة والعشرين ألفا الماضية[17].

الجدول (2): تركيز الميثان في الجو

السنة	جزء في المليون بالحجم
قبل عام 1850	%0.07
1980	1.65 في نصف الكرة الشمالي 1.55 في نصف الكرة الجنوبي
1977	1.25 على النطاق العالمي
1985	1.70 على النطاق العالمي
تقدير 2030	2.34 على النطاق العالمي
تقدير 2050	3.15 - 7.45 على النطاق العالمي

المصدر: سفيان التل

ويشير الجدول (2) والشكل (6) إلى تركيز الميثان في الجو وتقديراته حتى 2050 مجمعة من مصادر مختلفة.



الشكل (6): تركيز الميثان في الجو (جزء في المليون)

3 - أكسيد النيتروز [18]

ينتج أكسيد النيتروز طبيعيا عن العمليات الميكروبيولوجية التي تتم في التربة والمياه. وتسهم عمليات حرق الكتلة الحيوية والوقود الأحفوري في انبعاثات أكسيد النيتروز أيضا. وتقدر هذه الانبعاثات بـ 30 مليون طن سنويا، ينسب ربعها إلى النشاطات البشرية المختلفة، بينما تتحمل العمليات الطبيعية الثلاثة أرباع الأخرى.

وتشير قياسات أكسيد النيتروز في الهواء إلى أنه كان عام 1970، 289 جزءا لكل مليار من حيث الحجم، وزاد في عام 1985 إلى 304 أجزاء لكل مليار من حيث الحجم، وتزداد هذه الأرقام بما يتراوح بين 0.2 و0.3 في المائة سنويا.

وهناك خلاف في الرأي بشأن دور زيادة استخدام المخصبات النيتروجينية في الزراعة أو زيادة عملية إزالة الغابات والتغيرات في أنماط استخدام الأرض، ففي حين يرى البعض أنها لا تسهم إسهاما ذا بال، يرى آخرون (تقرير اللجنة العلمية المعنية بمشكلات البيئة 1986) أن استخدام المخصبات يزيد انبعاثات أكسيد النيتروز إلى الجو. وقدر التقرير هذه الانبعاثات ما بين 600 و2300 طن من النيتروجين سنويا، وقُدّرت الانبعاثات من زيادة الأراضي المزروعة بين 200 و600 طن نيتروجين سنويا، وهناك تقديرات تقول إن نسبة تركيز أكسيد النيتروز في الجو ستصل إلى 375 لكل مليار من حيث الحجم عام 2030، وقد يصل إلى 446 جزءا لكل مليار من حيث الحجم عام 2050 [19] (انظر الشكل 7).

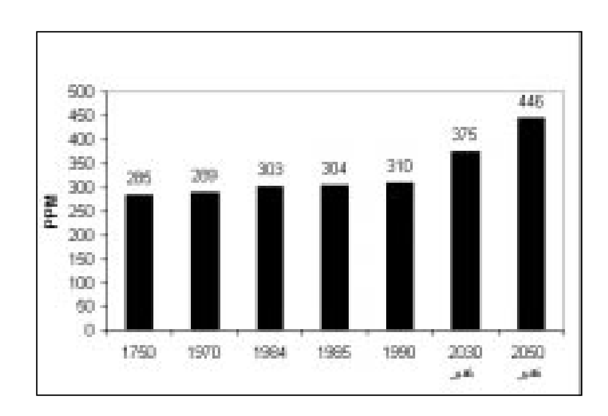
وقُدّرت زيادة تركيز أكسيد النيتروز في الغلاف الجوي منذ عام 1750 بـ 16%[20].

ويبين الجدول (3) قياسات وتقديرات أكسيد النيتروز في الجو من عام 1750 وحتى عام 2050.

الجدول (3): قياسات وتقدير أكسيد النيتروز في الجو

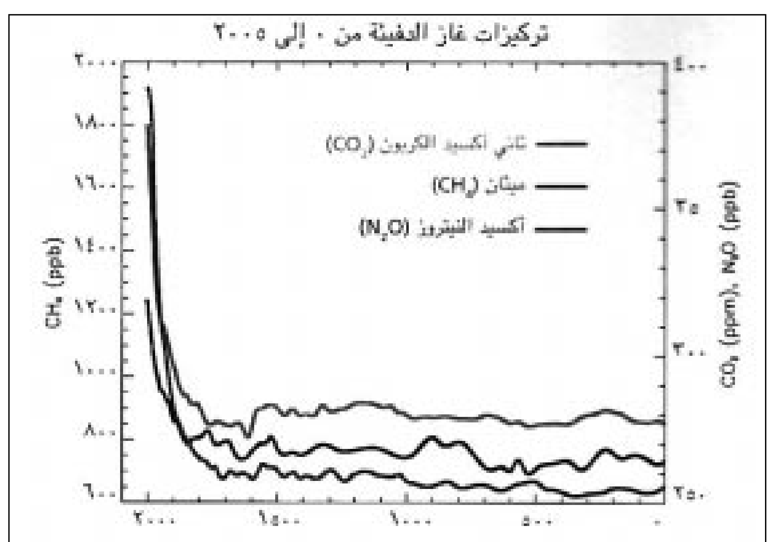
السنة	جزء لكل مليار من حيث الحجم
قبل عصر الصناعة 1750	285
1970	289
1984	303
1985	304
1990	310
تقدير 2030	375
تقدير 2050	446 - 392

المصدر: سفيان التل



الشكل (7): أكسيد النيتروز في الجو (جزء في المليون)

ونشير في هذا الصدد إلى أن الأرقام الواردة في الجدول رقم 3 والشكل رقم 7ينتهي القياس بها عند عام 1990، أما ما بعد ذلك فكان مجرد تقديرات، غير أن تقرير تغير المناخ لعام2001 (المرجع 15) أشار إلى أنه تم رصد انخفاض في تركيزات أكسيد النيتروز بما نسبته 50% في معدل الزيادة السنوية منذ عام 1991 - 1993.



تركيزات غازات الدفيئة المعمرة في الغلاف الجوي خلال الألفي عام الماضية ازدادت هذه الغازات منذ العام ١٧٥٠، وهي تنسب إلى النشاط الإنساني في الحقبة الصناعية، يعبر عن وحدة قياس التركيز بالجزء في المليون أو المليار، ويدل هذا القياس على عدد جزيئات غاز الدفيئة في المليون أو المليار جزيئة على التوالي في عينة من الغلاف الجوي (المعلومات تم تجميعها وتلخيصها من الأقسام ٢ و٦ من التقرير) المصدر: تقرير تغيير المناخ ٢٠٠٧

4 - الكلوروفلوركربون

كانت تدفقات المواد الكلورفلوركربونية، خاصة المادتين 11 و12 خلال نصف القرن الماضي تنبعث في الجو من مصادر صناعية. وقدرت الانبعاثات السنوية لكل من هاتين المادتين بحوالي 400000 طن، وكانت التركيزات (قبل إقرار بروتوكول مونتريال ودخوله حيز التنفيذ عام 1989) تزداد بسرعة كما تشير القياسات والتوقعات في الجدول (4)، إلا أن التقديرات في ضوء تنفيذ بروتوكول مونتريال تراجعت إلى ما يقارب 700 جزء لكل تريليون من حيث الحجم للمادة 11، كما تراجعت إلى ما يقارب 1400 جزء لكل تريليون من حيث الحجم للمادة 12 [21]، (انظر الشكلين 8 و9).

ويمكن القول إن بروتوكول مونتريال كان من أنجح الاتفاقيات البيئية حيث عمل على الأقصاء التدريجي للمواد المستنفدة لطبقة الأزون وتأمين المواد البديلة، وتم رصد الأموال اللازمة لدعم الدول النامية لمساعدتها على التخلص من المواد المستنفدة لطبقة الأوزون، ويسير برنامج التخفيض بحيث يتم تخفيض 35%بحلول عام 2015، و65% بحلول عام 2020، و99.5% بحلول عام 2030، مع السماح باستعمال 0.5% في بعض الخدمات حتى عام 2040.

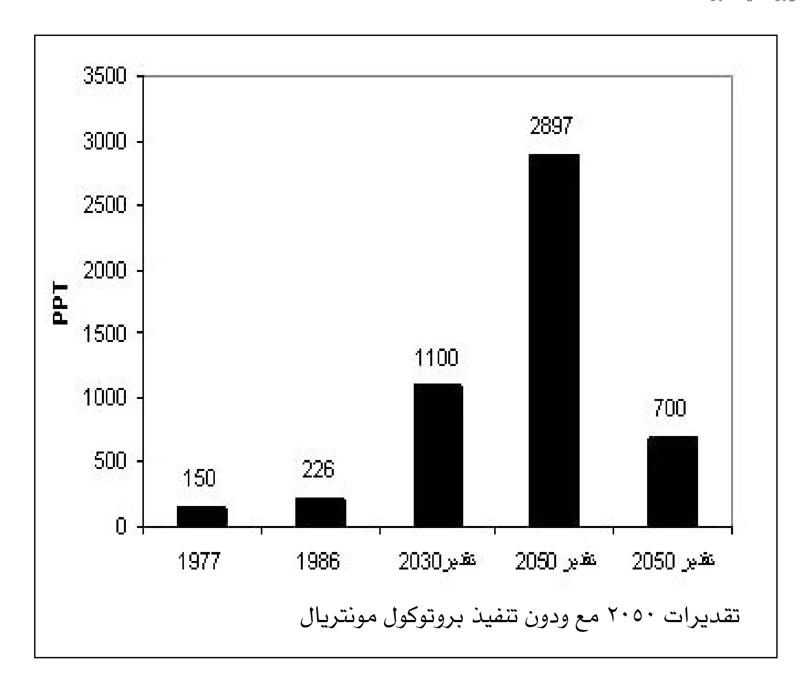
الجدول (4):

قياسات وتقديرات المواد الكلوروفلوركربونية

المادة رقم 11		
السنة		جزء لكل تريليون بالحجم
1977		150
1986		226
2030	تقدير	1100
2050	تقدير	2897 - 1379
2050	تقدير بعد تنفيذ بروتوكول مونتريال	700

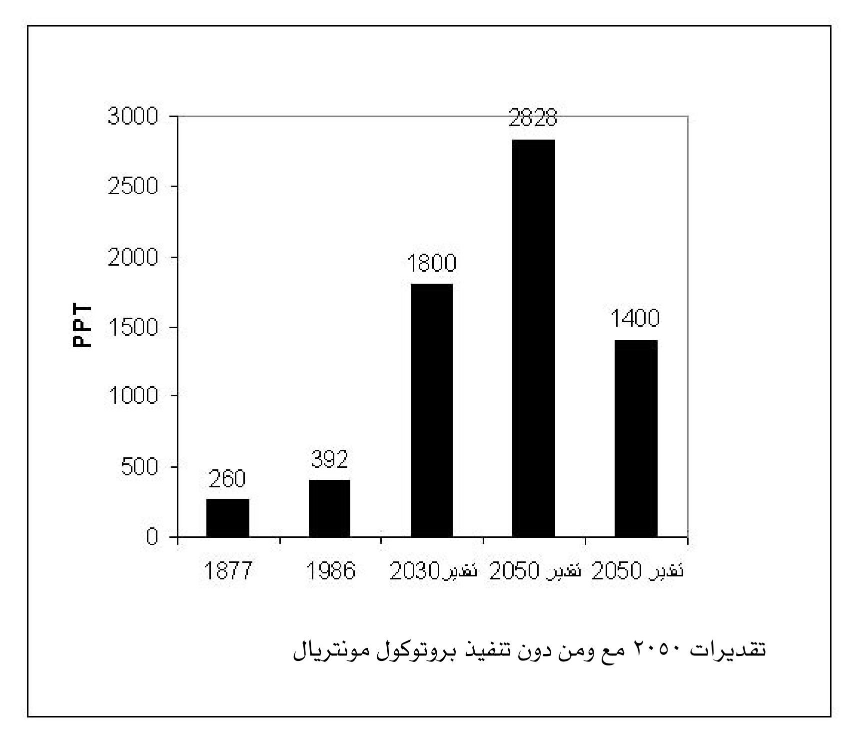
المادة رقم 12		
السنة		جزء لكل تريليون بالحجم
1977		260
1986		392
2030	تقدير	1800
2050	تقدير	2828 - 2359
2050	تقدير بعد تنفيذ بروتوكول مونتريال	1400

المرجع: سفيان التل



الشكل (٨): المواد الكلوروفلوروكربونية (مادة ١١)

المصدر: سفيان التل



الشكل (٩) : المواد الكلوروفلوروكربونية مادة ١٢

الجدول (5): أمثلة على غازات الدفيئة المتأثرة بالأنشطة البشرية [استنادا إلى الفصل 3 والجدول 4 - 2]

	CO2 ثاني أكسيد الكربون	CH4 الميثان	N20 أكسيد النتروز	CFC-11 كلوروفيل الكربون	HFC-23 الهيدروفورو كربون	CF4 البرفلورو ميثان
تركيز ما قبل العصر الصناعي	نحو 280 جزءا من المليون	700 جزء من البليون	نحو 270 جزءا في البليون	صفر	صفر	40 جزءا في التريليون
تركيز 1998	365 جزاء من المليون	1745 جزءا من البليون	314 جزءا في البليون	268 جزءا في الطن	14 جزءا في الطن	80 جزءا في الطن
معدل التغيير في التركيب (ب)	1.5 جزء في المليون/سنة (أ)	7.0 أجزاء من البليون/سنة (أ)	0.8 جزء في البليون/سنة	1.4– جزء في الطن/سنة	0.55 جزء في الطن/سنة	1 جزء في الطن/سنة
البقاء في الغلاف الجوي	5 إلى 200 سنة (ج)	12 سنة (د)	114 سنة (د)	45 سنة	260 سنة	أقل من 50000 سنة

(أ) تراوح المعدل بين 0.9 جزء في المليون و2.8 جزء في المليون سنويا، وبين صفر و13 جزءا في المليون سنويا بالنسبة إلى الميثان خلال الفترة من 1990 إلى 1990.

(ب) وفق المعدل للفترة من 1990 إلى 1999.

(ج) لا يمكن تحديد عمر واحد مفرد لثاني أكسيد الكربون لاختلاف معدلات الامتصاص من خلال مختلف عمليات الإزالة.

(د) حدد هذا العمر باعتباره «فترة تكيف» تراعي التأثير غير المباشر للغاز في وقت وجوده الخاص.

المصدر: تغير المناخ 2001 الأساس العلمي

الأوزون والغازات الأخرى

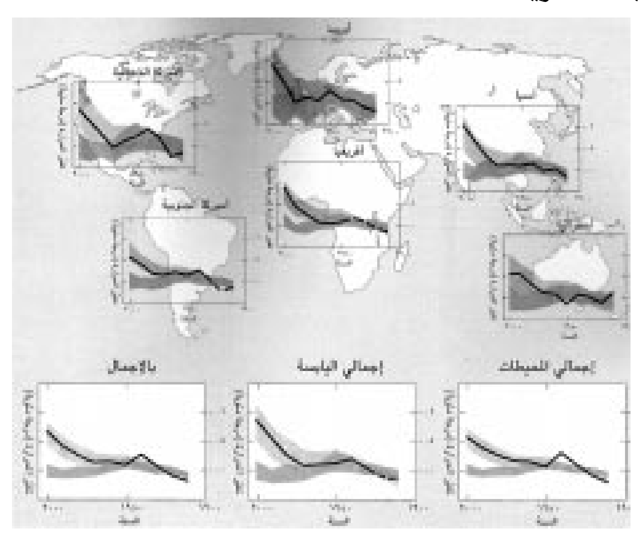
يتفاعل الأوزون مع الغازات النذرة (الفعالة) مما يعقد إسهامه في الاحتباس الحراري، وكثير من هذه الغازات لا يمتص الأشعة تحت الحمراء، ولذلك لا يعتبر من غازات الاحتباس الحراري بالمعنى الدقيق. غير أن هذه الغازات تتفاعل بطرق تسبب إنتاج غازات أخرى أو تدميرها، ولذا فإنها تستطيع أن تؤثر بصورة غير مباشرة في تغيير درجة حرارة سطح الأرض، أما الغازات الفعالة المنتشرة في الجو فمنها أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات غير الميثانية وأكاسيد النيتروجين، والنشادر، ومركبات الكبريت النذرة وكثير من هذه الغازات يتفاعل مع الأوزون بطرق مركبة[22].

تأثير الاحتباس الحراري في درجة حرارة الأرض

على الرغم من أن تأثير الاحتباس الحراري معروف منذ أكثر من قرن لكن الخشية من أن تؤدي زيادة نسب غازات الدفيئة إلى رفع درجة حرارة العالم، لم يستشعرها أحد إلا في الستينيات من القرن العشرين. ويتوقف أثر الغازات النذرة في مدى تأثير الاحتباس الحراري في الكميات التي تنطلق منها، وعلى مستوى تركيزها الصافي في الغلاف الجوي ومدة بقائها فيه، بالإضافة إلى تأثيرها الإشعاعي[23].

ونشير في هذا السياق إلى ما ورد في تقرير التقييم الثاني، فقد قدرت الزيادة المتوقعة في درجات الحرارة بين 1.00 و3.5 درجة مئوية، وفق ما جاء في السيناريوهات الستة التي وضعتها الهيئة الحكومية الدولية لتغير المناخ عام 1992، أما الزيادة المتوقعة في متوسط درجة حرارة الهواء السطحي فقدرت بما يتراوح بين 1.4 و5.8 درجة مئوية خلال الفترة الممتدة من عام 1990 إلى عام 2100. وقد تم استُخلفت هذه التوقعات من السيناريوهات الخمسة والثلاثين، التي وردت في التقرير، استنادا إلى العديد من نماذج المناخ[24] المعنية بتغير المناخ، وهناك سجل لدرجات الحرارة اطول مدى ويخضع لتفحص أوثق، وقد أُعيد تشكيل البيانات المناخية الخاصة بالأعوام الألف السابقة (الشكل 10والشكل 11)، وتشير أيضا إلى أن هذا الاحترار كان غير عادي ومن غير المرجح أن يكون طبيعيا كليا في أساسه. وفي ضوء القرائن الجديدة وبعد مراعاة جوانب عدم اليقين، من المرجح أن يكون معظم الاحترار المرصود خلال الأعوام المائة والخمسين الماضية ناجما عن زيادة تركيزات غاز الدفيئة[25].

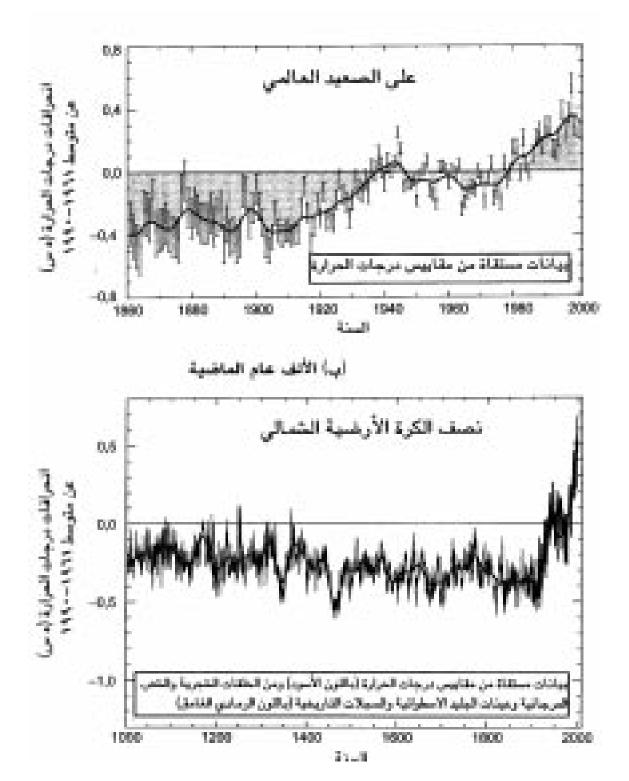
ويشير الشكل(12) إلى نسبة ما يتحمله كل غاز من غازات الدفيئة من الارتفاع الذي كان متوقعا في درجات الحرارة، البالغة 3 درجات مئوية.



التغيرات في درجات الحرارة بحسب المعدل من العام ١٩٠١ إلى العام ١٩٥٠ (درجة مئوية) من قرن إلى قرن من العام ١٩٠٦ إلى العام ٢٠٠٥ في قارات الأرض، فضلا عن الكرة الأرضية كلها ومنطقة الأرض العالمية والمحيط العالمي (الصور الأدنى). يشير الخط الأسود إلى تغير في درجة الحرارة المرصودة، فيما تشير الأشرطة الملونة إلى المعدل الذي غطى ٩٠٪ من محاكاة النماذج الأخيرة. يشير اللون الأحمر إلى المحاكاة التي تضم العوامل البشرية والطبيعية فيما يشير اللون الأزرق إلى المحاكاة التي تضم العوامل الطبيعية فحسب، وتشير الخطوط السوداء إلى العقود والمناطق القارية التي لا تحظى بمراقبات كبيرة، من الممكن إيجاد الوصف المفضل لهذا الرسم والمنهجية المتبعة في تصميمه في المادة الإضافية في الملحق ٩ ت

الشكل رقم (10) التغييرات في درجات الحرارة وفق المعدل من 1905 - 1950 (درجة مئوية) في قارات الأرض

المصدر: تغير المناخ ٢٠٠٧



التغيرات الطارئة على درجة حرارة سطح الأرض خلال:

(أ) المائة والأربعين عاما الماضية

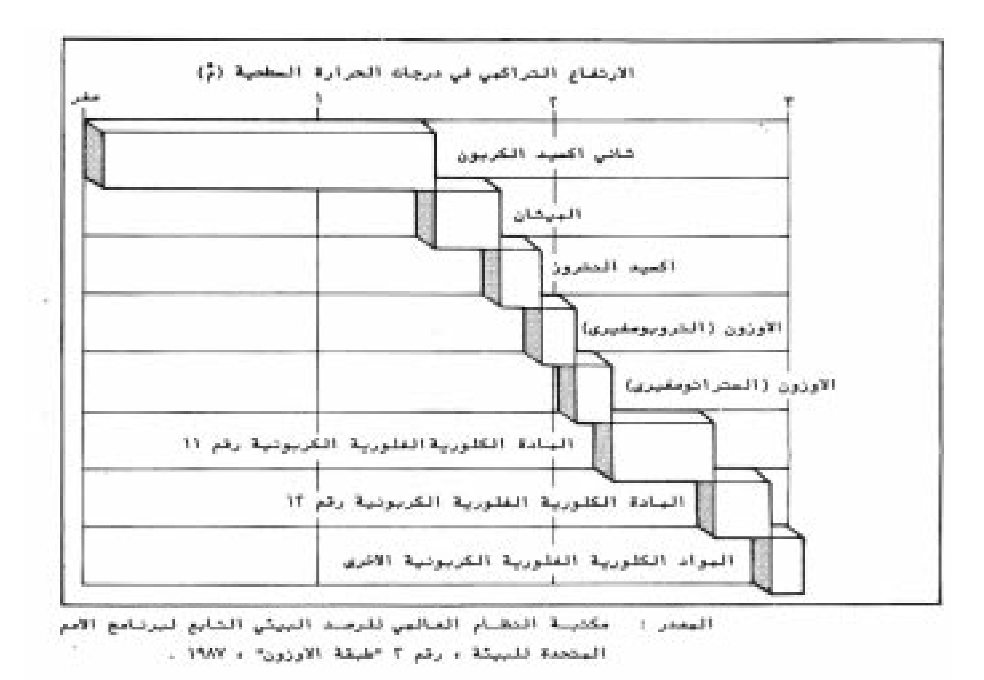
الشكل (١١)

المصـدر: تغـيـر المناخ ٢٠٠١ - التـقـرير التـجـمـيـعي - ملخصات تقارير الأفرقة العاملة

الشكل (١) التغيرات الطارئة على درجة حرارة سطح الأرض خلال المائة والأربعين عاما الماضية والألفية الماضية

(أ): ترد درجات حرارة سطح الأرض على أساس سنوي (الأعمدة الحمراء) وعلى أساس كل عقد (الخط الأسود، وهو منحنى سنوي صافي يتلافى التقلبات التي تقل عن المستويات الزمنية العقدية)، وهناك عدم يقين فيما يتعلق بالبيانات السنوية (الأعمدة السوداء الرفيعة تمثل ٩٥٪ من نطاق الثقة) نتيجة للفجوات في البيانات والأخطاء وعدم اليقين العشوائية الناجمة عن الأجهزة، وعدم اليقين في التصويبات المتحيزة في بيانات درجة حرارة سطح البحر وكذلك المواءمات لمراعاة التوسع العمراني على الأرض، وأفضل التقديرات خلال المائة والأربعين عاما الماضية والألف عام هي أن متوسط درجة حرارة سطح العالم قد زادت بنحو ٠,٦ + ٠,٢ ٥٠س.

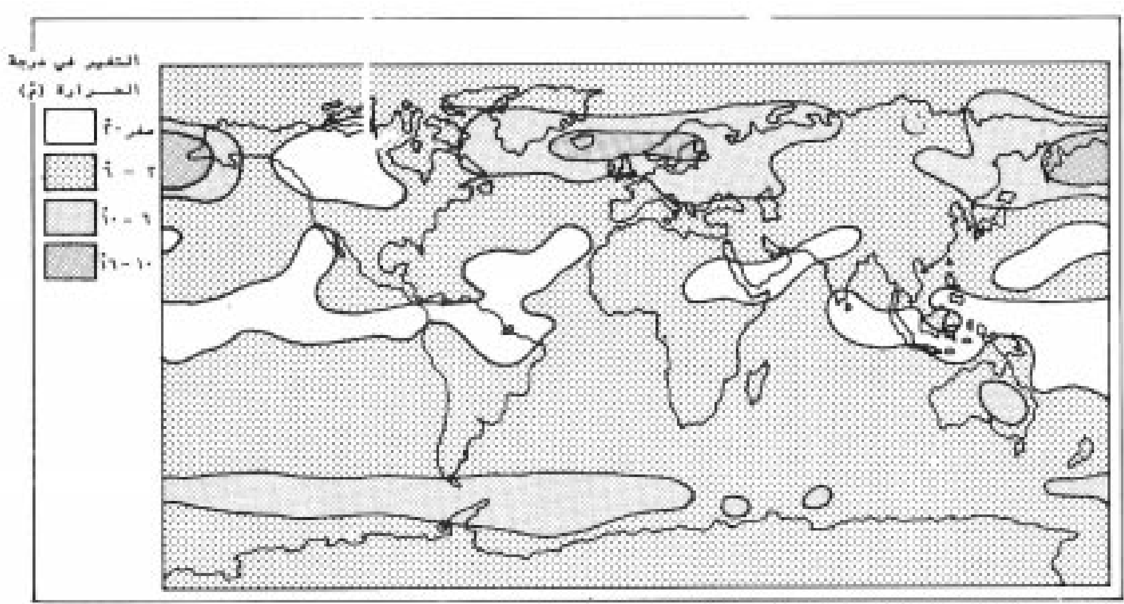
(ب): وعلاوة على ذلك، فإن الاختلافات من سنة لأخرى (المنحنى الأزرق) ومتوسط خمسين عاما (المنحنى الأسود) في متوسط حرارة سطح الأرض في نصف الكرة الأرضية الشمالي خلال الألف عام الماضية أعيد بناؤها من بيانات «غير مباشرة) تم تكبيرها مقابل بيانات أجهزة قياس درجة الحرارة (أنظر قائمة البيانات غير المباشرة في الشكل)، ويمثل نطاق الثقة البالغ ٩٥٪ في البيانات السنوية (اللون الرمادي)، ويزيد عدم اليقين هذا في الازمنة البعيدة، وهو أكبر من سجل الأجهزة نتيجة لاستخدام البيانات التقريبية المتفرقة نسبيا، ومع ذلك فإن معدل ومدة الاحترار في القرن العشرين هما الأكبر بكثير من أي قرن من القرون التسعة السابقة، كما أنه من المرجح (٧) أن التسعينيات كانت أشد العقود حرارة وعام ١٩٩٨ أشد السنوات حرارة في الألفية (استنادا الى ١ - الفصل الثاني، الشكل ٢ - ٧ج، و٢ - الفصل الثاني الشكل ٢ - ٢٠).



الشكل (12): الارتفاعات المتوقعة في درجة الحرارة بفعل زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون وغيره من غازات الاحتباس الحراري بحلول عام 2030 ، ويبلغ الارتفاع المتوقع نحو ٣م، ولا يسبب ثاني أكسيد الكربون ذاته سوى ما يقرب من نصف هذا الارتفاع

تأثير الاحتباس الحراري في المناخ

تشير السيناريوهات التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أن الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون وغيره من الغازات النذرة أو غازات الاحتباس الحراري ستؤدي إلى تغيرات مناخية وبيئية مختلفة بعدة طرق لا يمكن الجزم بها بشكل دقيق ومفصل. لكن من المؤكد أن حرق الوقود الأحفوري وبعض المواد الكيميائية يؤدي إلى تغيرات في مناخ العالم[26]. وقد عقد كل من برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP، والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، والمجلس الدولي للاتحادات العلمية مؤتمرا مشتركا وقَدَّرَ هذا المؤتمر أن تراكم ثاني أكسيد الكربون والغازات النذرة الأخرى في الجو سوف يؤدي إلى زيادة في المتوسط العالمي لدرجة حرارة السطح للجو، وقدرت هذه الزيادة بنحو 1.5 و4.5 درجة مئوية بحلول عام 2030. وسوف يصاحب هذا الارتفاع ارتفاع في مستوى سطح البحر ما بين 20 و140 سنتيمترا، وإلى تغيرات لا يمكن التنبؤ بها في أنماط سقوط المطر وإنتاج الغذاء. وبالإضافة إلى ذلك فإنه يعتقد أن عواقب هذه التغيرات المناخية على صحة الإنسان ستكون وخيمة، وإن لم يكن بالإمكان تحديد هذه المخاطر بشكل دقيق[27].



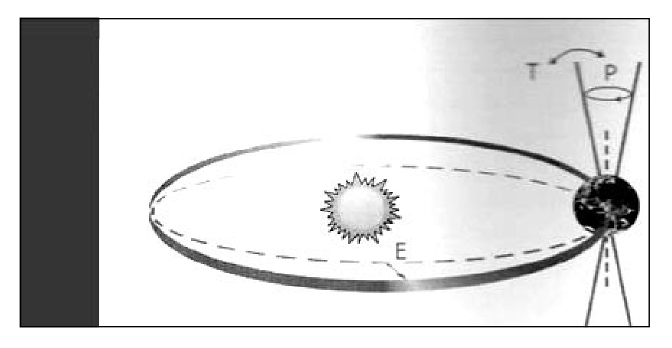
المصدر: مكتبة النظام العالمي للرصد البيئي التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، رقم ٢، "الطبقة الأوزون"، ١٩٨٧.

الشكل (12) : تغييرات في درجة الحرارة جرى التنبؤ بها استنادا الى نموذج جوي افترض فيه تركيز ثاني أكسيد الكربون. وقد ترتفع درجات الحرارة شتاء بما يتراوح بين ٦ و ٠١ في بعض اجزاء اوروبا الشمالية.

على الرغم من عدم وضوح الشكل (12)، الذي أعد قبل أكثر من عشرين عاما، لكن قيمته تكمن في أنه تنبأ بأن معدل درجات الحرارة في بعض المناطق الأوروبية سيرتفع إلى أكثر من عشر درجات مئوية، وهو ماحدث بالفعل (راجع بعض الأحداث الجوية المتطرفة في أوروبا في ما سيلي من صفحات البحث).

تغير المناخ

يشير مصطلح تغير المناخ إلى تغيرات مهمة من الناحية الإحصائية، إما في متوسط حالة المناخ، وإما في تقلبيته التي قد تستمر لفترة محدودة أوقد تمتد عقودا. وقد ينشأ تغير المناخ عن عمليات داخلية طبيعية أو تأثيرات خارجية أو عن تغيرات بشرية المنشأ، ترتبط بتغيير نسب مكونات الغلاف الجوي أو استخدام الأراضي. ويلاحظ أن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ عرَّفت في مادتها الأولى تغير المناخ بأنه: «تغير المناخ يعزى بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى نشاط بشري يفضي إلى تغيير في مكونات الغلاف الجوي العالمي، بالإضافة إلى التقلبية الطبيعية للمناخ، على مدى فترات زمنية متماثلة». وهكذا فإن هذه الاتفاقية تفرق بين «تغير المناخ»، الذي يعزى إلى نشاطات بشرية تفضي إلى تغيير في مكونات الغلاف الجوي والتقلبية المناخية «التي تعزى إلى أسباب طبيعية»([28]).



السؤال ٦ - ١، الرسم ١، رسم حول التغيرات في حلقات الأرض (دورات ميلانكوفيتش) التي أدت إلى دور العصر الجليدي، T يدل على «الانحناء» في محور الأرض، E يدل على تغير الاختلاف المركزي للحلقة (بسبب التغيرات في المحور الصغير لشكلها البيضاوي)، P يدل على التغيرات في اتجاه إنحناء المحور في نقطة معينة من الحلقة.

المصدر رامسفورت وشالونبر ٢٠٠٧

ومن الأسئلة المطروحة في تقارير تغير المناخ 2007، الذي لم يحصل على الموافقة النهائية بعد، السؤال 6-1 وهو: ما الذي تسبب في العصور الجليدية والتغيرات المناخية قبل الثورة الصناعية؟ وتمت الإجابة عن هذا السؤال بأن التغيرات في ميزان الأرض الإشعاعي كانت السبب في ذلك. فقد نشأت العصور الجليدية وتلاشت في دورات طبيعية على مدى 3 ملايين سنة، وارتبطت هذه العصور بالتقلبات الدورية لحلقات ميلانكوفيتش. وتؤكد نماذج المناخ المركبة إمكان بدء العصر الجليدي بهذه الطريقة، وأنه خلال العصر الجليدي الأخير حصل أكثر من عشرين تبدلا مناخيا مفاجئا، ولكن هذا لا يعني أن التغير المناخي الحالي مرده طبيعي، وإنما هو عائد إلى مصادر بشرية المنشأ.



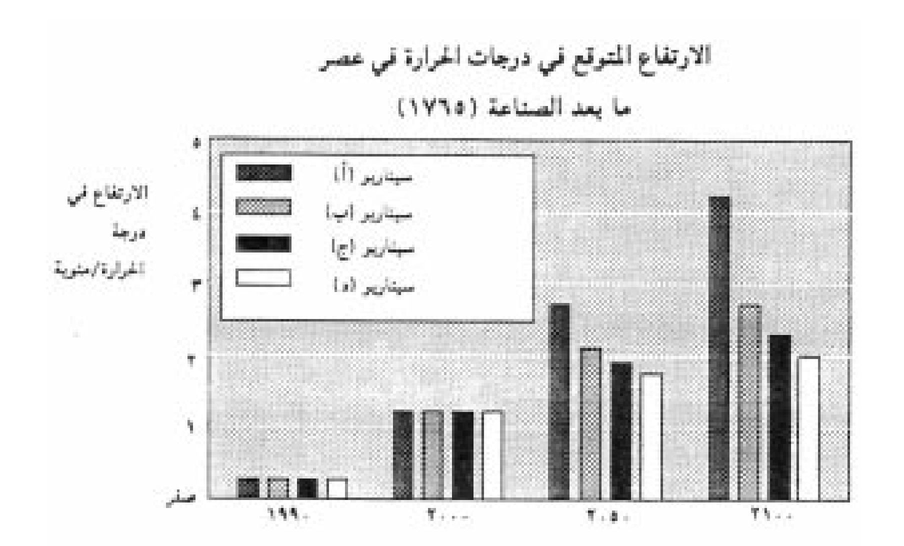
الشكل(15) : العصر الجليدي: الغطاء الجليدي يكسو روسيا وشمال أوروبا وبريطانيا وأيسلندا وكنداوشمال أمريكا. الفرق بيننا وبين العصر الجليدي خمس درجات

سيناريوهات تغير المناخ [29]

ليس من السهل الحديث عن الاحتباس الحراري من دون الحديث عن نتائج الاحتباس الحراري وتغير المناخ، وليس من السهل أيضا التنبؤ بالتغيرات المناخية وإجراء دراسة مباشرة للتأثير الناجم عن تراكم غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي. ولهذا الغرض وضعت خلال العقدين الماضيين عدة نماذج للمناخ على شكل صيغ رياضة تمثل الغلاف الجوي، بغية محاكاة التغيرات المناخية المحتملة في سياق سيناريوهات مختلفة. فتنبأ أول هذه التقديرات في أواخر الستينيات بأن تضاعف ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي سيؤدي إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة ما بين 1.5 و3 درجات مئوية. وقد أجريت بعد ذلك أكثر من 100عملية تقدير مستقلة لمتوسط زيادة درجة حرارة الأرض المحتملة، وجاءت معظم التقديرات في حدود تراوحت بين 1.5 و4.5، درجة مئوية، واتجه الرأي إلى أخذ 3درجات مئوية كمتوسط مقبول للزيادة في متوسط درجة حرارة سطح الأرض خلال القرن الواحد والعشرين.

وفي عام 1990 تنبأت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، بارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض بنحو درجتين إلى خمس درجات خلال القرن الواحد والعشرين، واستندت الهيئة في هذا التنبؤ إلى افتراض أن معدلات انبعاث غازات الدفيئة ستظل عند مستوياتها في عام 1990م إذا لم يتخذ إجراء للحد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري. ورغم ما تنبأت به الهيئة فإنها فضلت اعتماد زيادة بمقدار ثلاث درجات مئوية. ولعل من اللافت أن معدلات التغير هذه، لم يسبق لها مثيل طيلة عشرة آلاف سنة خلت [30].

ويشير الشكل (16) إلى السيناريوهات الأربعة التي يتبنى كل منها عدة احتمالات تؤدي إلى ارتفاع في درجة الحرارة تختلف عما في السيناريو الآخر، في حين يشير الشكل (17) إلى انعكاس كل من هذه السيناريوهات على ارتفاع منسوب المياه، بينما يشير الشكل (18)، إلى تطور السيناريوهات خلال الفترة من منتصف السبعينيات إلى بداية الألفية الثانية.



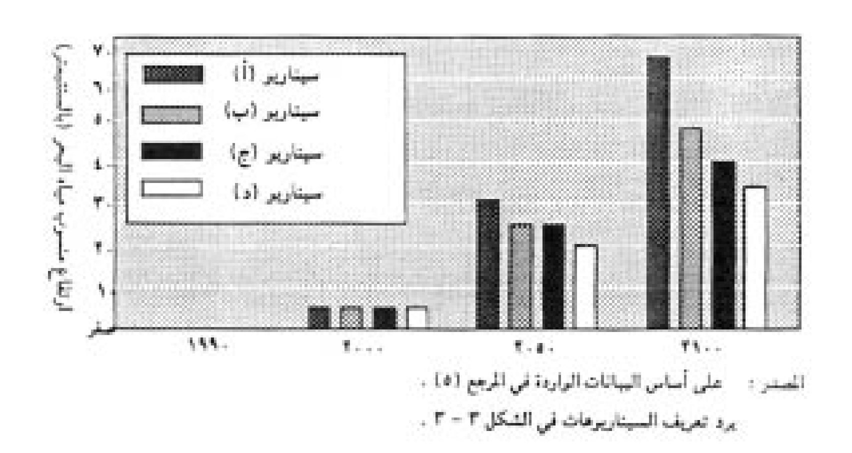
الشكل (16) : سيناريوهات وضعها الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ.

سيناريو أ: استمرار العرض والطلب على الطاقة عند المستويات الحالية، الاتجاه إلى إزالة الغابات يستمر بمعدلاته الحالية، التزام جزئي فقط بنصوص بروتوكول مونتريال (الاستمرار عند المعدلات الحالية).

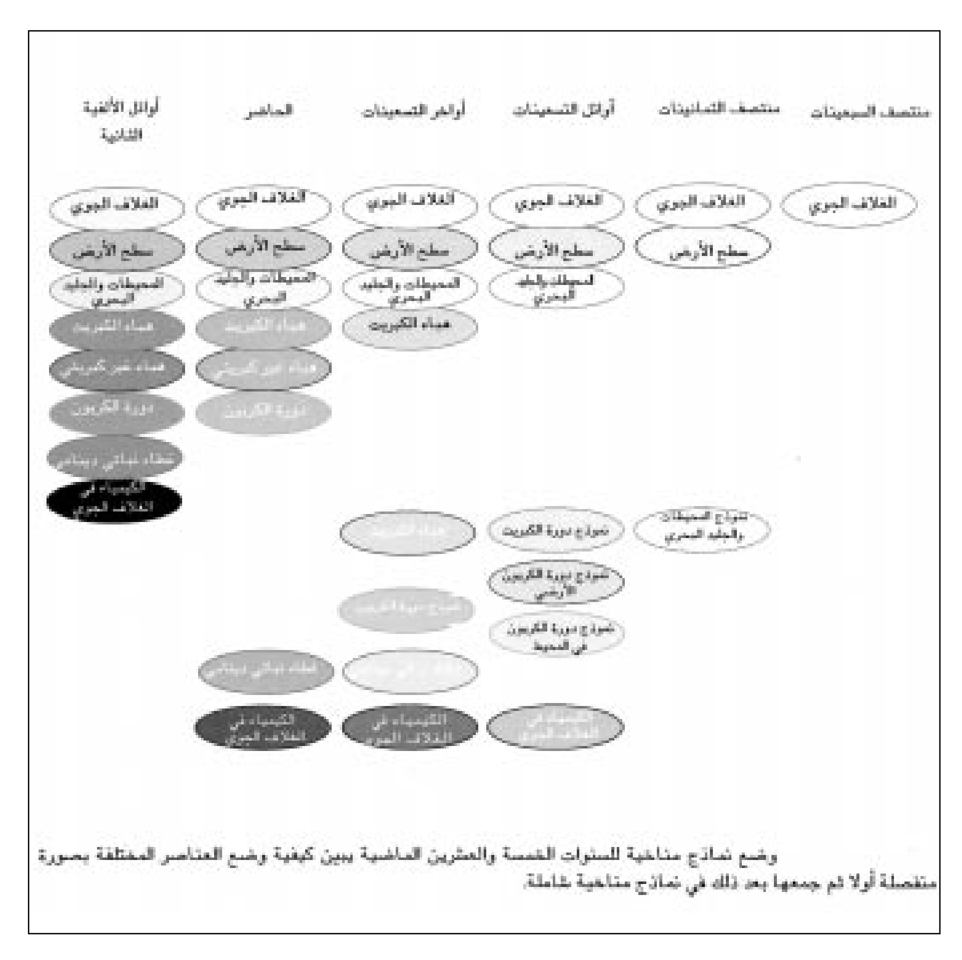
سيناريو ب: تؤدي تركيبة الطاقة إلى انخفاض الكربون الناجم عن حرق الوقود والغاز الطبيعي، طاقة ذات فاعلية أعلى للرجوع عن الاتجاه إلى إزالة الغابات، الامتثال التام لبروتوكول مونتريال.

سيناريو ج: التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة والنووية في النصف الثاني من القرن المقبل.

سيناريو د: التحول إلى الطاقة المتجددة والنووية في النصف الأول من القرن المقبل.



الشكل (17) : الارتفاع المتوقع في منسوب المياه



الشكل (18) : تطور نماذج المناخ في الماضي والحاضر والمستقبل

ناقوس الخطر الأول

كان مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة البشرية، المنعقد في استوكهلم يونيو عام 1972، ناقوس الخطر الأول الذي نبه العالم إلى المخاطر البشرية التي تلحق بالبيئة، وأن الإنسان هو الذي يصنع ويشكل بيئته التي تعطيه القوت وتمنحه الفرصة لتحقيق النمو الفكري والخلقي والاجتماعي والروحي.

ومما ورد في إعلان استوكهلم بشأن البيئة البشرية «لقد بلغنا مرحلة في التاريخ يتحتم علينا عندها أن نصوغ أعمالنا في جميع أنحاء العالم بمزيد من العناية المتحذرة، لما قد يترتب عليها من آثار بيئية. فمن خلال الجهل أو عدم الاكتراث يمكن أن نلحق ضررا بالغا لا رجعة فيه بالبيئة الأرضية التي تتوقف عليها حياتنا ورفاهنا. وعلى عكس ذلك يمكننا من خلال معرفة أكمل وعمل أكثر حكمة أن نحقق لأنفسنا ولأجيالنا المقبلة حياة أفضل في بيئة أكثر مسايرة للاحتياجات البشرية»[31].

رصد الأرض

اعتبر رصد الأرض المهمة الرئيسة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة من خلال توفير معلومات أوفى لصانعي القرارات ومديري البيئة، أملا في أن يفضي ذلك إلى اتخاذ إجراءات أكثر حكمة من قبل المجتمع العالمي. وعرف رصد الأرض بأنه: «عملية ديناميكية للتقييم البيئي المتكامل يمكن بواسطتها تعيين القضايا البيئية ذات الصلة وجمع البيانات اللازمة وتقييمها، لتوفير تقييمات بيئية موثوقة»[32].

بدأ تشغيل النظام العالمي للرصد البيئي على نطاق منظومة الأمم المتحدة بأسرها عام 1975، أي بعد ثلاث سنوات من مؤتمر استوكهلم مركزا على ثلاثة مجالات رئيسة هي: التلوث والمناخ والموارد الطبيعية المتجددة. وقد تم التوسع لاحقا ليشمل الرصد المتعلق بالصحة ونقل الملوثات بعيدة المدى ورصد المحيطات. وقد تمكن هذا النظام من الحصول على بيانات دقيقة توضح حالات واتجاهات البيئة والأسباب الكامنة وراء المشكلات البيئية[33].

ويشير الشكل (19) إلى خارطة العالم موزعة عليها مواقع محطات الرصد العالمية النشطة للمناخ العالمي. ومما يلاحظ أن الجزيرة العربية تخلو من محطات الرصد، ويبدو أن هناك محطتين في شمال البحر الأحمر واثنتين على شواطئ الأطلسي.

وقد تبلورت الأهداف الرئيسة للنظام العالمي للرصد البيئي على النحو التالي:

1 - الكشف عن التغيرات المهمة في البيئة.

2 - دراسة مستويات واتجاهات المؤشرات البيئية بغية اتخاذ قرار بشأن الإجراءات التصحيحية وتخطيطها.

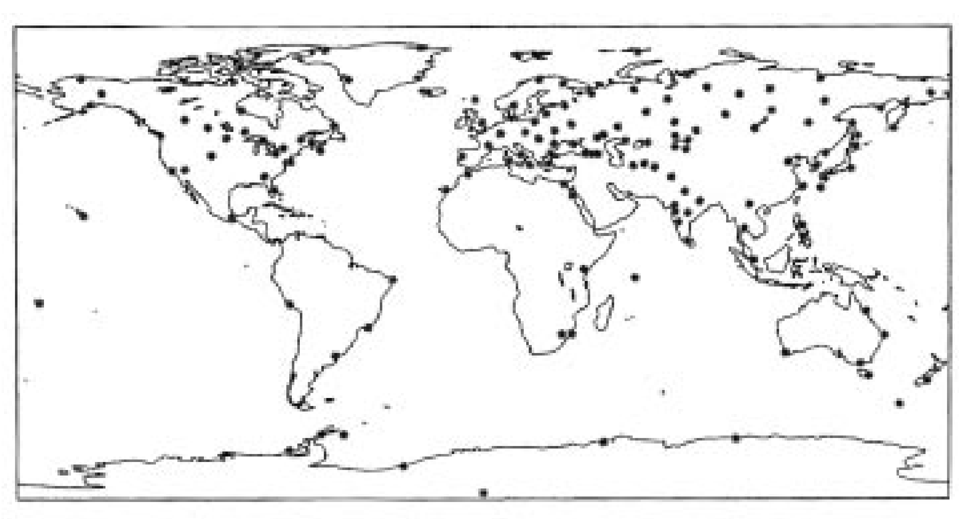
3 - التأكد من التقيد بمعايير ومقاييس الجودة البيئية.

4 - التأكد من كفاءة نظم التحكم والتدابير التصحيحية.

5 - مسح ودراسة تأثير التغيرات البيئية، خصوصا في صحة الإنسان، وفي الأغذية والموارد الطبيعية.

6 - دراسة تأثير أنشطة بشرية محددة في البيئة لتحديد ما إذا كانت الأنماط البديلة للنشاط أكثر ملاءمة.

7 - جمع بيانات متتالية زمنيا عن عدد من المتغيرات ليتسنى تعيين علاقات السببية في ما بينها[34].



المصدر: The Global Climate Observing System (GCOS)

الشكل (19) **: توزيع محطات رصد المناخ العالمي النشطة**

دراسات رصد المناخ

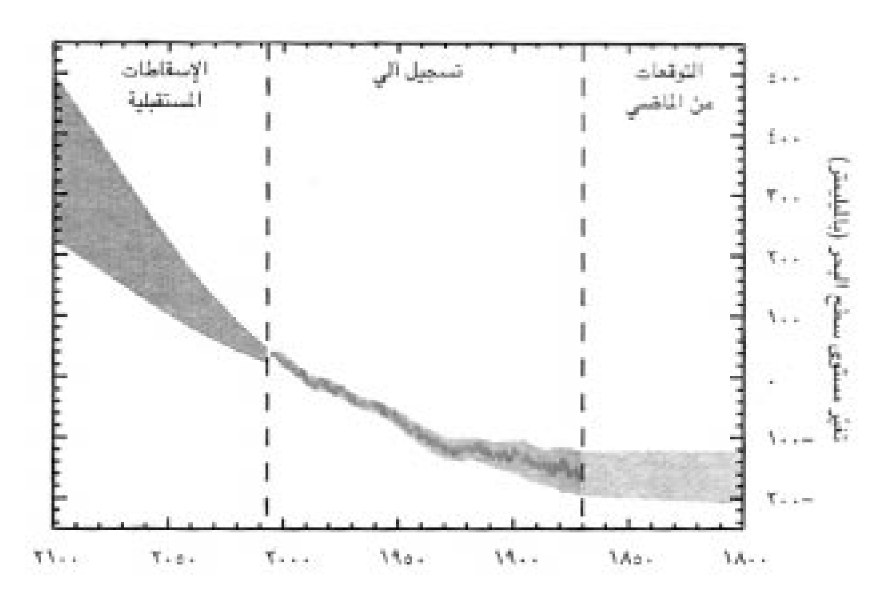
في 1981 - 1982 بدأت المرحلة الأولى لدراسات أثر المناخ في النظم الغذائية والزراعية، وتقييم أثر تزايد ثاني أكسيد الكربون في الجو، وتحسين المنهجية التي ينبغي تطبيقها في إجراء دراسات أثر المناخ. ونتيجة لذلك بدأ عام 1983مشروع لتقييم زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو، وأثر ذلك في المناخ والمحيط الحيوي. ووفرت نتائج هذا المشروع أساسا علميا سليما لتقييم حالة المناخ والتغير في نسب ثاني أكسيد الكربون المتوقعة في المستقبل[35].

كذلك بدأت مجموعة من الخبراء في عام 1982 إجراء دراسات للطرق المستمدة والبيانات المتجمعة، وبصيغة خاصة ثاني أكسيد الكربون وحصر المناطق المتجمدة في العالم، والتوازن الحراري بين الغلاف الجوي وسطح الأرض والخصائص الفيزيائية لسطح المحيطات والطبقة المتجمدة العليا من الغلاف الجوي.

بعد ذلك أخذ برنامج الأمم المتحدة للبيئة يقدم الدعم لعمليات رصد نظم المناخ العالمية وتحليل الظواهر المناخية الشاذة. وكان الهدف من ذلك هو تحسين فهم السلوك في نظام المناخ العالمي والتغيرات التي تطرأ عليه لأسباب طبيعية أو للأسباب البشرية المنشأ. وتم التركيز على البحث عن أدلة تشير إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية نتيجة ازدياد غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، وذلك لتوفير المعلومات اللازمة عن حالة نظام المناخ العالمي، ووضع تلك المعلومات بين يدي متخذي القرارات الوطنية والدولية في تخطيط الأنشطة الاقتصادية والبيئية[36].

تأثير الاحتباس الحراري في الجليد وسطح البحر

تشير المعطيات الجيولوجية إلى أن العصور الجليدية السابقة جمدت من مياه البحار ما كان كافيا لخفض مستوى سطح البحر مائة متر عن مستواه الحالي. ورغم أن الكتل الجليدية التي كانت تغطي نصف الكرة الشمالي تراجعت لكن ما تبقى منها يمكن أن يرفع سطح البحر أكثر من 75 مترا في ما لو تعرض للانصهار[37].



سلاسل الوقت المتعلقة بمستوى سطح البحر النسبي العالمي (الانحرافات في نسبة الأعوام بين 1980 و1999) الماضي والمتوقع في المستقبل. المعلومات حول فترة ما قبل 1870 غير متوافرة. يدل على الشكوك في التقدير الطويل المدى لتغير مستوى سطح البحر (القسم 3، 4، 6). يدل على إعادة بناء نسبة مستوى البحر العالمي من خلال مقياس المد والجزر (القسم 1 ,2 ,5 ,5). ويدل إلى معدل التقلبات من منحنى بسيط. يدل على نسبة مستوى البحر النسبي العالمي من خلال قمر صناعي لقياس الارتفاعات. يمثل معدل التوقعات النموذجية من سيناريو SYES أ/ب للقرن الواحد والعشرين المتعلق بالأعوام من العام 1980 إلى 1999، وتم قياسها بعيدا من المشاهدات. ترتبط توقعات فترة ما بعد 2100 بإصدارات السيناريو (القسم 10، مناقشة حول توقعات ارتفاع مستوى سطح البحر وسيناريوهات أخرى في التقرير) يمكن أن يرتفع مستوى سطح البحر بضعة أمتار على مر العصور والألفيات (القسم 10-7-4).

المصدر تغير المناخ 2007

وتفيد التحليلات لسجلات درجة حرارة سطح الأرض، التي امتدت مائة سنة سابقة، تفيد بأن ارتفاعا في متوسط درجة حرارة الأرض ما بين عامي 1880 و1940 قدر بـ 0.5 درجة مئوية، وتبعه انخفاض في درجة الحرارة ما بين عامي 1940 و1965 قدر بنحو 0.2% درجة مئوية، وبعد ذلك بدأ العالم يزداد دفئا. وقدرت تلك التحليلات أن متوسط درجة الحرارة العالمي قد ازداد ما بين 0.3 و 0.7درجة مئوية خلال السنوات المائة الماضية [38] (انظر الشكلين 10 و11).

رصد الأنهار الجليدية

في عام 1988 صدرت أول قائمة جرد للأنهار والطبقات الجليدية، وتبين هذه القائمة المواقع والأوضاع الحالية لما يزيد على 750 نهرا جليديا في 21 بلدا. وقد بدأ الجرد عام 1976، بالتعاون بين برنامج الأمم المتحدة للبيئة واليونسكو (منظمة الأمم المتحدة للتربية والثقافة والعلوم) واللجنة الدولية للجليد والثلج والمعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا. وسوف يستمر رصد الأنهار الجليدية في العالم وجمع البيانات ودراسة السلوك السنوي وتوازن الكتلة لمجموعة مختارة من الأنهار الجليدية المرجعية في أقاليم جليدية مختلفة من العالم[39].

وفي عام 2003 نشرت خمسة بلدان في أمريكا اللاتينية، هي الأرجنتين وبوليفيا وشيلي وإكوادور وبيرو، تقارير عرضت من خلالها أدلة تراكمية على تراجع الأنهار الجليدية وحقول الجليد في مناطق الإنديز، ففي الإكوادور مثلا تراجع مستوى أحد الأنهار في تسعينيات القرن العشرين بسرعة تزيد ثماني مرات عن سرعة تراجعه في العقود السابقة، وفقد نهر جليدي في بوليفيا نصف مساحته وثلثي حجمه منذ منتصف التسعينيات. وفي الأجزاء الجنوبية من الأرجنتين والشيلي تراجعت مساحة مقدارها 17000 كيلو متر مربع بها 63 نهرا جليديا خلال الفترة ما بين 1995 و2000، بسرعة تبلغ ضعفي سرعة تراجعها في السنوات الخمس والعشرين السابقة، وفقدت ما بين 4 و6 في المائة من مساحة سطحها.

وبينت الدراسة، التي أجريت على هذا التغير، أن ارتفاع درجات الحرارة في القرن العشرين كان السبب الرئيس في تراجع حقول الجليد القارية، وأن انصهار الجليد هذا ساهم في ارتفاع سطح البحر مساهمة كبيرة[40].

أما في ما يتعلق بالتغيرات الجليدية في آسيا فإن جبال الهمالايا تحتوي على ثالث أكبر كتلة جليدية في العالم بعد قارة أنتاركتيكا وجزيرة جرين لاند، وقد حددت بعثة للأنهار والبحيرات الجليدية شَكلهاَ المركزُ الدولي للتطوير المتكامل للجبال وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة 20 بحيرة جليدية في نيبال، و24 بحيرة جليدية في بوتان، باعتبارهما منطقتين خطيرتين في حالة حدوث فيضان فجائي في البحيرات الجليدية.

كذلك صنفت تسع بحيرات جليدية في باكستان و24 في جبال الهمالايا الصينية، باعتبارها مناطق يمكن أن تكون خطيرة، ولا بد من رصدها بانتظام لتجديد تدابير الإنذار المبكر[41].

وقد أظهرت بيانات التوابع الصناعية أنه من المرجح، وبدرجة كبيرة، أن تكون رقعة الغطاء الثلجي تناقصت بنسبة تبلغ حوالي 10% منذ أواخر الستينيات. كما بينت الرصدات الأرضية أنه من المرجح، كذلك، أن تكون المدة السنوية للغطاء الجليدي، فوق البحيرات والأنهار في المناطق ذات خطوط العرض الوسطى والقطبية في نصف الكرة الأرضية الشمالي، قد انخفضت بما يقارب الأسبوعين خلال القرن العشرين. كما انحسرت الكتل الجليدية على نطاق واسع في المناطق غير القطبية خلال القرن العشرين، وتناقصت رقعة الجليد البحري الربيعي والصيفي في نصف الكرة الأرضية الشمالي بنحو 10 - 15% منذ الخمسينيات، ومن المرجح أنه سجل نقصٌ يقارب 40% من سمك الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية[42].

المناطق القطبية

أجرى فريق علمي مكون من 300 عالم دراسة شاملة استمرت 4 أعوام لتقييم آثار التغيرات المناخية في القطب الشمالي، وكان من نتائج هذه الدراسة:

- يتعرض القطب الشمالي للاحترار بصورة أسرع مما كان معروفا من قبل بضعفي المعدل العالمي.

- في آلاسكا وغرب كندا ارتفعت درجات الحرارة في الشتاء من 3 - 4 درجات مئوية خلال الأعوام الخمسين الماضية، ومن المتوقع أن ترتفع درجة الحرارة من 4 - 7 درجات أخرى بحلول عام 2100.

- يتوقع أن ينصهر ما لا يقل عن نصف المنطقة الحالية من الجليد الصيفي في القطب الشمالي بنهاية هذا القرن، إلى جانب انحسار قسم كبير من الغطاء الجليدي في جرينلاند، وسيسهم انصهار الغطاء الجليدي في جرينلاند في ارتفاع مستوى سطح البحار في العالم.

- يعتقد أن الدببة القطبية وبعض أنواع عجول البحر ستتعرض للانقراض إذا خلا المحيط المتجمد الشمالي من الجليد صيفا.

- ستواجه الشعوب الأصلية في القطب الشمالي إمكان التعرض لآثار اقتصادية وثقافية خطيرة من جراء تغير المناخ.

- يمكن أن يقلل الانصهار من حجم الجليد الموجود في البحار حاليا، ويفتح طرقا مختصرة للملاحة بين المحيط الأطلسي والمحيط الهادي، فتزيد حركة النقل البحري ويسهل الوصول إلى الموارد في المناطق المختلفة.

- تقتضي عملية تراجع مساحات الجمد الأبدي ضرورة القيام بعمليات إعادة بناء كبيرة للمباني وأنابيب خطوط البترول والمرافق الصناعية والطرق والمطارات[43].

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

أُنشِئت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ عام 1988 بالتعاون بين برنامج الأمم المتحدة للبيئة والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، وأسند إليها دور تقييم أفضل ما هو متاح في جميع أرجاء العالم عن تغير المناخ وتوفير معلومات علمية وفنية واجتماعية واقتصادية بصورة شاملة وموضوعية، وعلى أسس علمية شفافة.

وتضم الهيئة ثلاثة فرق عمل معنية بالقوائم الوطنية لحصر غازات الدفيئة، وتقييم الجوانب العلمية للنظام المناخي وتغير المناخ، وسرعة تأثر النظم الاجتماعية والاقتصادية والطبيعية بها. علاوة على ذلك، أنيط بالهيئة مهمة تقييم خيارات الحد من انبعاثات غازات الدفيئة والتحقق من حدة تغير المناخ. وقد بدأت الهيئة بإصدار أول تقاريرها عام 1990، وأصدرت تقريرها الثاني عام 1996، والثالث عام 2001، أما التقريرالرابع (تغير المناخ 2007) فقد بدأت بعض أجزائه تظهرفي الثلث الأخير من عام 2007، وقت إعداد هذا البحث، ولم تحصل على الموافقة النهائية بعد. وقد قدمت هذه الهيئة خلال ست سنوات خلت 2500 دراسة أنجزها حوالي 450 خبيرا بالإضافة إلى 800 اختصاصي من 130 بلدا.

وخلال فترة إعداد التقرير الرابع هذا العام (2007) اشتكى علماء الولايات المتحدة الأمريكية العاملون في هذا المجال من الضغوط السياسية الواقعة عليهم لدعم وجه نظر الرئيس الأمريكي بوش والمحافظين الجدد، وقد اعترف 46% من هؤلاء العلماء بأنهم عانوا من ضغوطات لحذف العبارات المتعلقة بالاحترار العالمي وتغير المناخ في تقاريرهم، كما أنهم عانوا التعتيم على هذه التقارير وعدم نشرها على الرأي العام الأمريكي.

وامتدت المشكلة لتصل إلى أوساط الكونجرس الأمريكي، الذي اتهم الرئيس بوش بممارسة ضغوط على علماء المناخ في أمريكا، وأخذ السيناتور الديموقراطي هنري واكسمان على عاتقه فضح إدارة بوش لرفضها الاعتراف بالمشكلة فقال: «لقد كان هناك جهد منسق لتضليل الرأي العام إزاء خطر الاحترار العالمي وتغير المناخ». هذا وقد تم تكريم الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ وآل غور بمنحهما جائزة نوبل للسلام مناصفة عام 2007 [44].

تأثيرات تغير المناخ

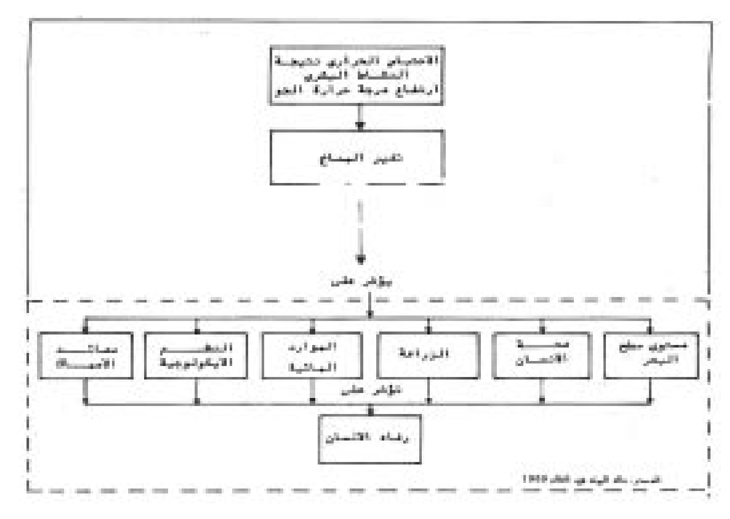
مع صدور التقريرالأول للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ عام 1990وما تبعه من تقارير برنامج الأمم المتحدة للبيئة، التي كانت تعد للمجلس التنفيذي للبرنامج، والتي اعتمدت على عدد كبير من الدراسات العلمية، بدأت تتوافر أدلة كافية عن التغيرات المناخية وأثرها في الزراعة والماشية، والآثار السلبية التي يمكن أن تحدثها على الصعيد الإقليمي نتيجة تغير الجو، وظهور آفات مرتبطة بتغير المناخ تقتضي استحداث تكنولوجيات

وممارسات جديدة للإدارة الزراعية. كما تضافرت الأدلة حول احتمال حدوث انخفاض شديد في الإنتاج الزراعي في بعض الأقاليم، مثل البرازيل ومنطقة الساحل الأفريقي وجنوب شرق آسيا والمنطقة الآسيوية من الاتحاد السوفياتي والصين. ومن المحتمل أن يزيد الإنتاج الزراعي في أقاليم أخرى بسبب امتداد المواسم الزراعية، كذلك قد يتغاير تأثير ارتفاع درجات حرارة الجو في الغابات فيختلف من منطقة إلى أخرى. أما النظم الأيكولوجية الأرضية فيمكن أن تتأثر تأثيرا شديدا بسبب الزيادة في تركيزات غازات الاحتباس الحراري، والتغيرات المناخية المرتبطة بها على نطاق العالم. ومن اللافت للنظر أن التغيرات المتوقعة في درجات الحرارة ومعدل تهطال الأمطار تشير إلى إمكان انتقال المناطق المناخية إلى عدة مئات من الكيلو مترات نحو القطبين الشمالي والجنوبي، في مدى زمني يتراوح بين 50 و100 عام قادمة. وستجد نباتات تلك المناطق نفسها في نظم مناخية مختلفة قد تكون أكثر أو أقل ملاءمة لها، وبالتالي تزيد إنتاجية بعض الأنواع بينما تقل إنتاجية أنواع أخرى. أما في ما يتعلق بموارد المياه فإن التغيرات المناخية يمكن أن تؤدي إلى مشكلات كبيرة في هذا القطاع، ولا سيما في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، وكذلك المناطق الرطبة التي أدت فيها زيادة الطلب أو التلوث إلى شح المياه. وقد بقيت المعلومات عن التفاصيل الإقليمية لآثار التغيرات المائية الجوية قليلة نسبيا.

وسيؤدي ارتفاع درجات الحرارة في العالم إلى التعجيل بارتفاع سطح البحر، كما سيؤدي إلى تغيرات ملموسة في دورة المحيطات، والنظم الأيكولوجية البحرية. وفي إطار سيناريوهات الانبعاثات وفق المعدلات المعتادة، تنبأ الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ بأن معدل ارتفاع سطح البحر سيكون متوسطا في حدود 6 سم في العقد خلال القرن الواحد والعشرين وأنه سيبلغ نحو 20 سم بحلول عام 2030 و65 سم بنهاية القرن الواحد والعشرين. ومن المنتظر أن تتفاوت هذه المستويات بقدر كبير بين الأقاليم وبعضها البعض. ومن المنتظر أيضا أن يشكل ارتفاع سطح البحر، بهذا القدر، خطرا يهدد الجزر المنخفضة والمناطق الساحلية، ويحول بعض البلدان الجزرية إلى مناطق غير مأهولة بالسكان، بالإضافة إلى تشريد عشرات الملايين من البشر. كذلك ستهدد الفيضانات المناطق الحضرية المنخفضة والأراضي المنتجة المعتمدة على الفيضانات، كما أنها ستلوث موارد المياه العذبة وتغير من خطوط السواحل. وقد تؤدي الفيضانات الناجمة عن ارتفاع سطح البحر والعواصف العاتية إلى حدوث اضطرابات اجتماعية وتكبد خسائر اقتصادية جسيمة في الأراضي الساحلية المنخفضة مثل بنجلاديش والصين.

ويشير الجدول (6) إلى دراسة عن تأثير تغير المناخ في دلتا مصر، والمساحات التي يمكن أن تغمرها المياه وفق ارتفاع مستوى سطح البحر وعدد السكان المتأثرين بذلك.

ويمكن استخدام بعض نتائج تغيرات المناخ العالمي كمؤشرات ذات دلالة، فارتفاع درجة حرارة مياه البحار يهدد الأنظمة الأيكولوجية الحساسة، مثل الشعب المرجانية، تهديدا خطيرا، وقد تناقصت أعداد بعض أنواع الطيور المهاجرة بسبب التقلبات والظروف المناخية غير المواتية (Sillett Holmes and Sherry 2000). هذا بالإضافة إلى أن تغير المناخ سيؤثر في صحة ورفاهية الإنسان بطرق متعددة، فتغير المناخ يؤثر سلبا في وفرة المياه العذبة وإنتاج الغذاء وفي التوزيع الجغرافي ومواسم انتقال الأمراض المعدية التي تنقلها الحشرات والوسائط البيئية الأخرى، مثل البلهارسيا والملاريا. وفي ظل هذه الظروف يحتمل أن تعجز بعض الأنظمة البيئية عن توفير السلع والخدمات الرئيسة التي تتطلبها التنمية الاقتصادية والاجتماعية بشكل مستدام. وينطبق ذلك على الماء النظيف والغذاء الكافي والهواء والطاقة والمسكن الآمن وانخفاض مستوى الأمراض[46] (انظر الشكل 21).



الشكل (20): العلاقة بين تغير المناخ والبيئة والمجتمع

وفي مقال نشره معد هذا البحث في مجلة رسالة البيئة عام 1992، وفي كتيب الشباب والبيئة عام 1995 [17] [18]، أي قبل 15 عاما، لخص بعض الحقائق العلمية التي تنبأ بها العلماء حتى ذلك التاريخ بشأن تغير المناخ. وتشهد الأحداث المعاصرة أن معظم تلك التوقعات قد تحقق.

وكان الإيجاز على النحو التالي:

- ستزداد درجات الحرارة في مناطق القطبين الشمالي والجنوبي بمعدلات أكبر من معدلات ازدياد درجة حرارة الأرض.

- ستواجه أوروبا الشمالية زيادة في درجات الحرارة تتراوح بين 8 و 10درجات مئوية.

- ستحدث عواصف شديدة وتغيرات جوهرية في معدل سقوط الأمطار وفي نمط هذا السقوط.

- سيحدث جفاف في بعض المناطق وزيادة كبيرة في معدلات التهطال في مناطق أخرى تؤدي إلى فيضانات الأنهار وتآكل التربة.

- ستدفع العواصف والأعاصير العاتية والمدمرة مياه الأنهار والبحار نحو اليابسة لتغرق الأراضي وتدمر المباني.

- ستتأثر الجزر المنخفضة والمناطق الساحلية وتتحول بعضها إلى مناطق غير مأهولة وسوف يتشرد عشرات الملايين من سكانها.

- سوف تتهدد المدن والمناطق الحضرية المنخفضة، وسوف تتأثر الأراضي الزراعية المنتجة المعتمدة على الفيضانات.

- سوف تتلوث أو تتملح موارد المياه العذبة.

- ستتغير خطوط السواحل.

- ستضرب الفيضانات والعواصف الشديدة بعض المناطق، وسيؤدي ذلك إلى اضطرابات اجتماعية وخسائر اقتصادية هائلة.

- ستعاني موارد المياه من مشكلات كبيرة ولا سيما المناطق القاحلة وشبه القاحلة.

- ستشهد كثير من المناطق زيادة في متوسط التهطال وزيادة في رطوبة التربة والمياه الجوفية والسطحية وسوف تتغير أنماط استعمال المياه في الزراعة.

- سوف يظهر انخفاض في الإنتاج الزراعي في بعض الأقاليم مثل البرازيل والساحل الأفريقي وجنوب شرق آسيا والمناطق الآسيوية من الاتحاد السوفياتي (السابق) والصين.

- ستظهر زيادة في إنتاج بعض الأقاليم نتيجة امتداد المواسم الزراعية.

- ستظهر آفات زراعية لها علاقة بتغير المناخ تحتاج إلى تكنولوجيا جديدة ومتطورة وتظهر الحاجة إلى تغير في الإدارة الزراعية.

- سوف تتشكل مناطق مناخية جديدة وتمتد إلى عدة مئات من الكيلومترات باتجاه القطبين الشمالي والجنوبي، ولا بد من أن تتأثر حياة كثير من النباتات والحيوانات التي ستجد نفسها في هذه النظم المناخية الجديدة، وسيكون تأثرها وفق قدرتها على التكيف وقد تكون مهددة بالانقراض.

واختتم المقال الذي نشر قبل 15 عاما بدعوة العرب إلى دراسة هذه التغيرات ومعرفة حصتنا منها، وحتى لا تصبح قراراتنا وإجراءاتنا ردود فعل للأحداث، فإن علينا أن نحشد طاقاتنا ونبني مؤسساتنا ونتابع كل جديد، وعندها نستطيع أن نواجه الأحداث قبل أن تواجهنا الأحداث [48][47].

لاجئو البيئة

وفي مقال آخر نشره الباحث بناء على طلب مجلة الدفاع المدني الصادرة في عمان في نوفمبر 1991، أي قبل 16 عاما بعنوان «سكان العالم ولاجئو البيئة» أشار إلى أنه في نطاق الاستعدادات لمؤتمر البيئة والتنمية الذي عقد عام 1992، كلف صندوق السكان التابع للأمم المتحدة عددا من المستشارين الدوليين المختصين لإعداد دراسة حول السكان والبيئة، وقد كلف الباحث مع مجموعة من الخبراء لتقييم تلك الدراسة، وأشار المقال الذي اعتمد على تلك الدراسة إلى أن من المشكلات الكبرى المتوقع حدوثها على سطح الكوكب، وستؤثر تأثيرا مباشرا في السكان موضوع تسخين المناخ، وما ينجم عنه من ارتفاع في منسوب البحار والمحيطات، وتأثير ذلك في السكان، فعلى سبيل المثال يمكننا القول إن بلدانا مثل بنجلاديش أو فلوريدا أو إنجلترا يبلغ عدد سكانها 115 مليون إنسان، ويتوقع أن يزداد هذا العدد ليصبح 200 مليون عام 2020، و350 مليونا عام 2050، ولكن إذا ما أخذنا بعين الاعتبار ارتفاع منسوب البحار والمحيطات وتأثير ذلك في السكان، فإن من بين هؤلاء السكان ما يقارب 120 مليون إنسان ستدمر منازلهم، وسوف تكون دولهم الفقيرة عاجزة عن تقديم المساعدة لهم.

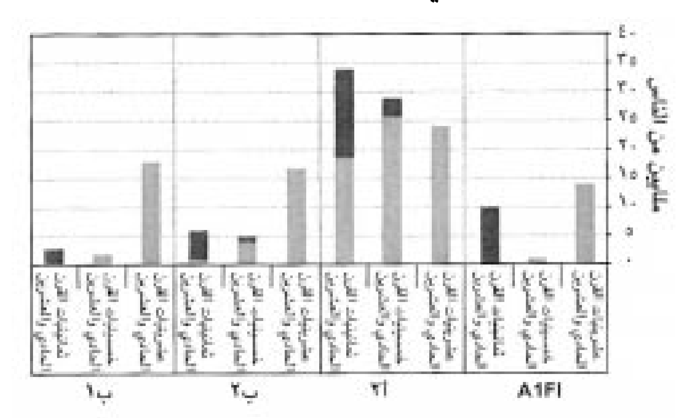
وفي مصر فإن خمس الأراضي المنكوبة، التي تبلغ كثافتها السكانية ضعفي كثافة سكان بنجلاديش، ستغمرها الفيضانات، وسيؤدي ذلك إلى هجرة ما يقارب 20 مليون إنسان. وسوف يمتد هذا التهديد الناتج عن ارتفاع منسوب البحار والمحيطات ليشمل كثيرا من مدن العالم التي تقع على ارتفاعات منخفضة في المناطق الساحلية، ومن هذه المدن جاكرتا ومدراس وبومباي وكراتشي ولاجوس وريودي جانيرو. ولو افترضنا أن نصف سكان هذه المدن مضطرون للهجرة عن مواقعهم لتحدثنا عن 40 مليون مهاجر بيئي.

وبالإضافة إلى ذلك فإن مدن العالم الأكثر تحضرا لن تسلم أيضا من هذه الكارثة، فمدن مثل روتردام والبندقية ونيويورك وميامي ونيوأورليانز ستكون معرضة لأخطار ارتفاع منسوب البحار، ولكن هذه الدول تستطيع تأخير أو تفادي الكارثة بإقامة السدود والحواجز محتذين بذلك حذو هولندا، أو أنهم سيقومون بنقل مدنهم إلى الداخل بعيدا عن الشواطئ، وهذه الاحتياطات التي يمكن للدول المتطورة عملها لن تكون متوافرة للدول الفقيرة، لكنها تعطينا صورة عن الهجرات الجماعية التي سيتعرض لها سكان هذا الكوكب.

إن ارتفاع متر واحد لمنسوب البحار والمحيطات يعني أن 5 ملايين كيلو متر مربع في المناطق الساحلية ستكون معرضة للأخطار، وهذه المساحة تشكل ما نسبته 3% من مساحة اليابسة، وهذه تشمل ثلث الأراضي الزراعية، كما أنها مأهولة بحوالي بليون إنسان من أصل حوالي 5.4 بليون إنسان هم سكان المعمورة. بالإضافة إلى ما سبق، هناك مناطق لم نشر إليها يمكن أن تفرز 50 مليون لاجئ، وفي الصين وحدها حوالي 30 مليون إنسان يعيشون في مناطق ساحلية

لا يزيد ارتفاعها عن سطح البحر على نصف متر. هذا علاوة عن 40 أو 50 مليونا سيموتون جوعا بسبب العجز في إنتاج الحبوب والغذاء[49].

لا أعتقد أنني بحاجة إلى أن أذكر أو أن أطلب عقد مقارنة بين ما سبق ذكره عن التوقعات ونُشِر قبل ستة عشر عاما، وبين ما يحدث اليوم من فيضانات وفقدان للأراضي الزراعية. فخلال أسبوع من الفيضانات التي اجتاحت هذا العام (2007) كلا من باكستان وبنجلاديش والصين وبعض الدول المجاورة كانت الأخبار تشير إلى ما بين 20 و30 مليون لاجئ بيئي غمرت الفيضانات أراضيهم، بالإضافة إلى الكوارث التي اجتاحت مناطق أخرى من العالم في أوروبا وأمريكا ومنها مدينة نيوأورليانز، التي غرقت بكاملها على الرغم من أن التوقعات كانت تعتبرها من المدن الغنية التي تستطيع تجنب الكارثة أسوة بهولندا، وهذا ما يجعلها نموذجا لسوء تقدير الساسة، من أصحاب القرار، للكوارث البيئية والاستعداد لها قبل وقت كاف، وتجاهل تحذيرات العلماء والمختصين في هذا المجال.



الرسم ١٨ من الملحق الفني. النتائج الصادرة عن دراسة حديثة حول ملايين الأشخاص في السنة المقدر تعرّضهم عالميًا لخطر الفيضانات الساحلية في ثمانينيات القرن. يدلّ اللون الأزرق على عدد المعرّضين للخطر من دون إرتفاع مستوى سطح البحر، بينما يدلّ اللون البنفسجي على عدد المعرّضين للخطر مع إرتفاع مستوى سطح البحر

المصدر تغير المناخ 2007

بعض الأحداث الجوية المتطرفة في أوروبا

لا يتسع هذا البحث للحديث عن كل الأحداث الجوية المتطرفة أو معظمها، ولكننا سنعطي أمثلة على ذلك، علما أن شاشات الفضائيات كفتنا مؤنة التعرف على هذه الأحداث، وأثْرَتْ معلوماتنا عنها.

– في عام 2002 تعرضت أوروبا الوسطى إلى أمطار غزيرة وفيضانات شديدة، ورغم أن ذلك لا يمكن أن يعزى إلى تغير المناخ وضغوطه فقط، فإنه يبين لنا ما الذي يمكن أن يحدث إذا استمر تغير المناخ، خصوصا في أوروبا، التي شهدت معدلا غير مسبوق من الاحترار في

العقود الأخيرة، إذ ارتفعت درجة الحرارة بوجه عام إلى نحو درجتين مئويتين فوق مساحات كبيرة من القطب الشمالي منذ خمسينيات القرن العشرين، ومن المتوقع أن يزداد متوسط درجات الحرارة وأن تتكرر حالات الجفاف بدرجة أكبر في عدة مناطق من أوروبا [50].

- شهدت أوروبا الغربية في العام 2003 ارتفاعا استثنائيا في درجات الحرارة، نتج عنه تأثيرات مختلفة مردها السخونة والجفاف، أثرت في صحة الإنسان والبيئة، وأدت إلى انقطاع التيارات الكهربائية وانقطاع إمدادات المياه ونشوب الحرائق وارتفاع مستويات تلوث الهواء وحدوث وفيات ارتبطت بالسخونة، كما سجلت أرقاما مفرطة في عدد الوفيات. ومما لا شك فيه أن ارتفاع درجة حرارة الجو وجفافه قد زادا من شدة الحرائق، وكانا سببا في كثير من الضغوط الاجتماعية والبيئية.

في أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي 2003

- تجاوزت الأعاصير الشديدة والفيضانات وحالات الجفاف التي حدثت في أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي الأرقام القياسية التي سجلت سابقا. فقد ضربت الأعاصير المنطقة بدرجة غير عادية، وجتاحت فيضانات وحالات جفاف حادة كلا من الأرجنتين والبرازيل وكولومبيا والدومنيكان والإكوادور وهاييتي وفنزويلا ومانهاتن، وقد أصابت الخسائر في بعض مناطق الأرجنتين 2800 مسكن وقدرت الخسائر بألف مليون دولار/ أمريكي.

أما في كولومبيا فقد اجتاحت الفيضانات 7200 شخص وفي الدومنيكان 6500 شخص بالإضافة إلى خسائر ضخمة في الثروة الحيوانية .

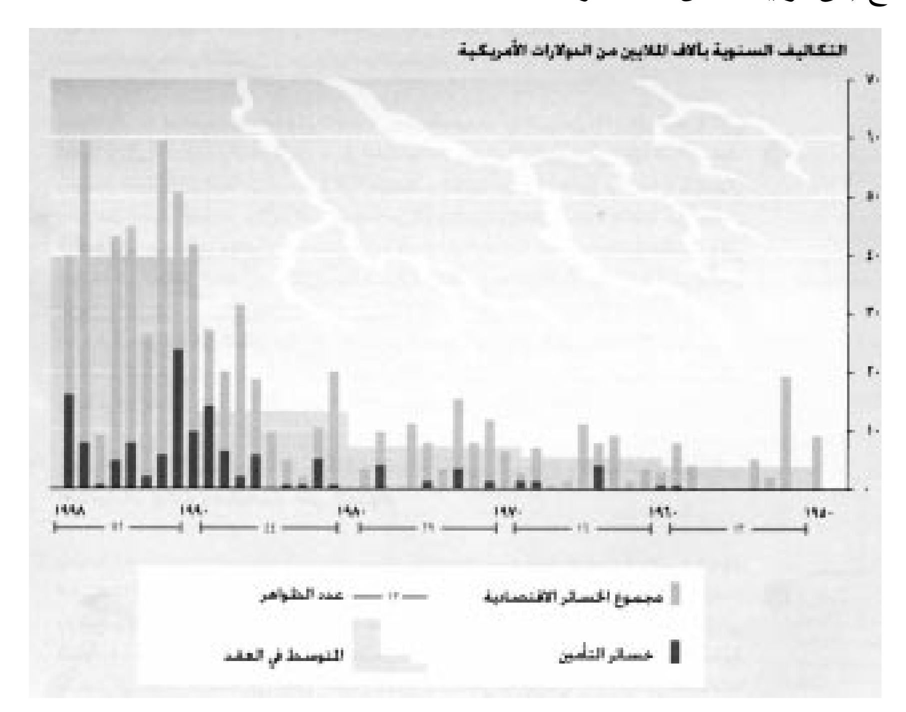
أما الجفاف الذي أصاب الأرجنتين فقد كان ناتجا عن تراجع هطول الأمطار إلى أدنى مستوى منذ عام 1929، وتسبب شح الأمطار في خسائر زراعية وخاصة في إنتاج القمح، ما أدى إلى تلف مليوني طن وخسائر في الثروة الحيوانية قدرت بما يزيد على 300 مليون دولار أمريكي.

وقد سجلت الأعاصير التي تنشأ من الأطلسي خلال الفترة 1995/ 2003أكبر مما سجل في أي وقت مضى خلال فترة مماثلة. فقد بلغ عدد العواصف المدارية 14 عاصفة، تحولت سبعة منها إلى أعاصير، ثلاثة منها كانت شديدة. وقد كانت خسائر المكسيك من إعصارين من هذه الأعاصير ألف مليون دولار أمريكي، بالإضافة إلى تشريد 50 ألف إنسان. واجتاح برمودا إعصار لم تعرف شدته منذ 75 عاما. وغني عن القول إن لمثل هذه الأعاصير آثارا اقتصادية واجتماعية وبيئية قوية[51].

وفي عام 2004 ضربت سلسلة من العواصف المدارية والأعاصير منطقة الكاريبي وخليج المكسيك وجنوب شرق الولايات المتحدة، وسجل أول إعصار في جنوب الأطلسي. وقد بلغ عدد الأعاصير 9 وستة عواصف مدارية، وقدر حجم الأضرار بـ 30 مليون دولار أمريكي، أما

الخسائر البشرية فقد كانت فادحة، أما إعصار كاترينا، وهو أول إعصار تم رصده بالأقمار الصناعية في 40 عاما، فقد ألحق أضرارابأكثر من 7400 منزل، وتضرر منه 31 ألف شخص وقدرت الخسائر بـ 340 مليون دولار أمريكي[52].

- أما الأحداث التي وقعت بين عامي 2004 و2007 فهي كثيرة وتابعناها على الفضائيات ولكننا نحتاج إلى توثيقها من المصادر المعتمدة.



الشكل (22) : التكاليف العالمية للظواهر الجوية المتطرفة
(معدلة لمراعاة التضخم)

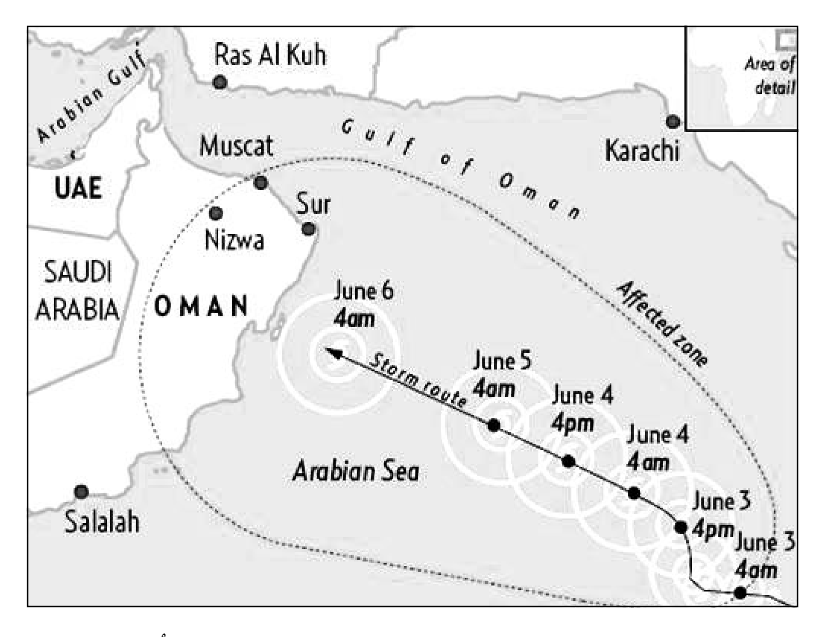
إعصار جونو في عُمان وبَرَد وثلوج في الجزيرة العربية

لسنا بحاجة إلى أن نذكر بإعصار جونو الذي ضرب عُمان وما زال ماثلا في أذهان الناس (انظر الشكلين 23 و24)، ويشير الشكل رقم 23 إلى مسار الإعصار قبل وصوله إلى عُمان بعدة أيام، ومهما كانت فترة الإنذار المبكر وتحذيرات الأقمار الاصطناعية فإنها لن تكفي لترحيل قرى ومساكن ومنشآت وحقول زراعية عن مسار الفيضانات. إن الاستعدادات لمواجهة مثل هذه الأحداث تحتاج إلى سنين عن الدراسات والسيناريوهات والتنبؤات والتخطيط والتنفيذ، ولهذا لم يكن بمقدور العُمانيين إلا انتظار الكارثة وإحصاء نتائجها والتفكير في التعويضات. وبالتأكيد لا يمكن قبول هذه الطريقة لمواجهة كل مفاجآت المستقبل. ونأمل أن يكون في ذلك درس للعرب لسرعة أخذ الموضوع على محمل الجد. وينطبق ما سبق ذكره على البَرَد الذي سقط في الجزيرة العربية (عام 2007)، وكان حجم الحبة الواحدة بحجم كرة التنس (انظر الشكلين 28 و29).

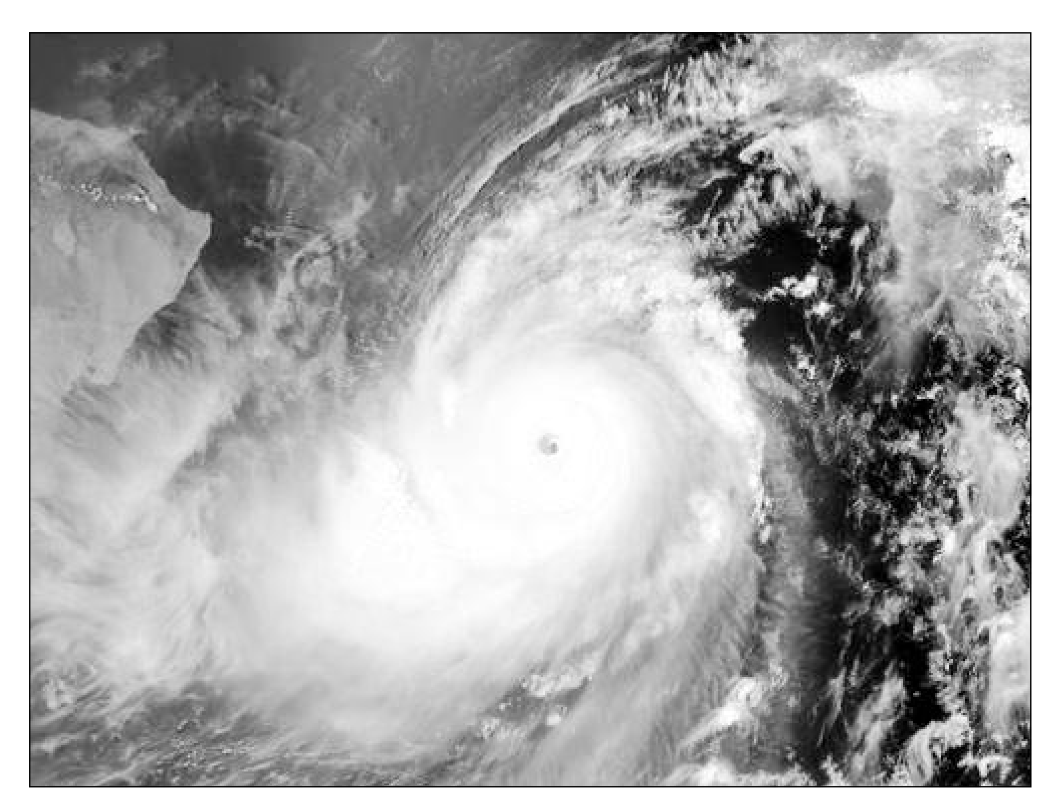
وتحدثت الصحافة عن الثلوج التي غطت المرتفعات الجبلية في الإمارات العربية لأول مرة في أواخر عام 2004 مع انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون الصفر(53). والثلوج التي قضت على كثير من الإنتاج الزراعي وأثرت في مزارع النخيل في الجزيرة العربية والأردن.

وفي هذا المضمار يقتضي النهج العلمي أن أشير إلى ملاحظة وجود ارتباط في التسجيلات القديمة بين تغيرات المناخ في شمال الأطلسي والأقاليم البعيدة، ويطلق على هذه الروابط البعيدة بين طرفي المناخ في أحد المواقع، والأقاليم البعيدة اسم «الروابط عن بعد». فمثلا ترتبط قوة الرياح الموسمية في بحر العرب بالتغيرات في مناخ شمال الأطلسي (Schutz and other 1998)، وعلى نفس المنوال ترتبط التحولات في المناخ وفيضانات المناطق الاستوائية في أمريكا الجنوبية ارتباطا وثيقا بالأحداث المناخية التي تسجل في المناطق الجليدية بجرينلاند (54) (Hughen and others 2004).

وهنا لابد من الملاحظة أن إعصار عُمان وبَرَد الجزيرة العربية يجب ألا يمرا من دون متابعة وبحث وتمحيص مع ضرورة تقديم كل البيانات اللازمة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لإدخالها في النماذج المستعملة لديها، لعل ذلك يساهم في إعداد التوقعات عن مستقبل المناخ في منطقتنا.



الشكل (23): مسار إعصار جونو الذي ضرب عُمان



الشكل (24): صورة من الفضاء لإعصار جونو وتظهرفي يسار الصورة السواحل العمانية



الشكل (25): مابعد إعصار جونو



الشكل (26)**: ما بعد إعصار جونو**



الشكل (27)**: ما بعد إعصار جونو**





الشكل (28)**: بَرَد الجزيرة العربية عام** (2007)





الشكل رقم (29): هل يتكيف الماعز ليعيش في بيئة البجوين...؟





الشكل (30): نفوق الماعز في البيئة الجديدة (عام ٢٠٠٧)



الشكل (31)**: ثلوج تغطي مزارع النخيل في الأردن عام** 2007

الاحتباس الحراري وتغير المناخ المفاجئ (السيناريو الكارثي)

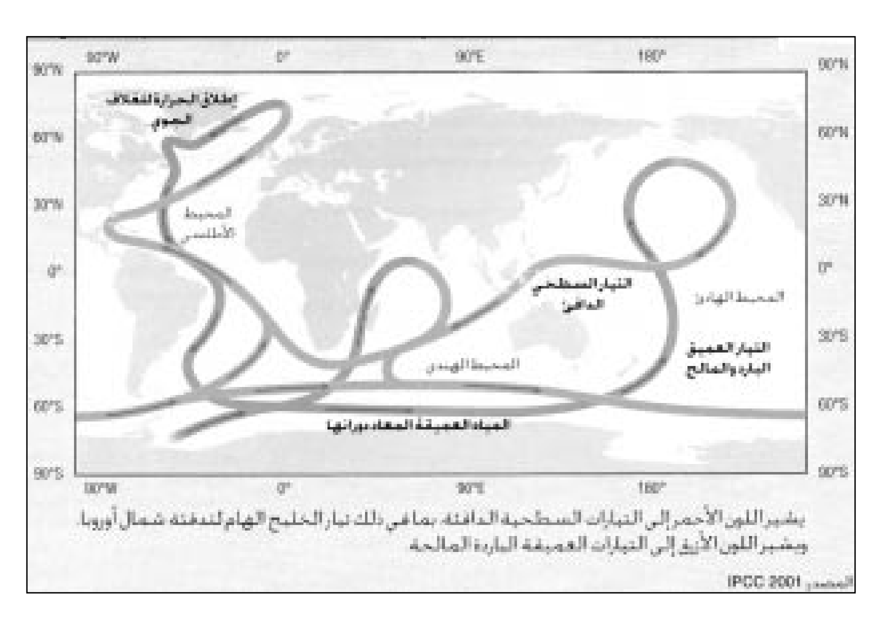
رسم فيلم الخيال العلمي الأمريكي The day after tomorrow سيناريو النظرية الكارثية من خلال عرض قياسات وبيانات عن انخفاض مفاجئ في درجة حرارة المياه في شمال المحيط الأطلسي يؤدي إلى موجة جليدية تغطي الجزء الشمالي من الولايات المتحدة وتقضي على الحياة هناك. وقدم العلماء في الفيلم إنذارا مستعجلا للرئيس الأمريكي لتهجير السكان إلى الولايات الجنوبية قبل استفحال الشرر. ويظهر الفيلم الرئيس الأمريكي جاهلا بهذه النظرية ورافضا لها، ويقول إن كل ما نعرفه أن الذي يحصل هو ارتفاع في درجة حرارة الأرض وليس انخفاضا فيها وموجة جليد تزحف علينا، ويرفض تهجير السكان بصورة سريعة كما طلب منه. وخلال أيام تجتاح الموجة الجليدية الولايات الشمالية وتدفن البيت الأبيض وتمثال الحرية، ولعل في ذلك نوعا من الرمزية باندثار العالم الحر. ومن المناسب في هذا المقام استعراض الفرضيات التي تستند إليها نظرية التبريد العالمي (Global Cooling).

لقد مر على الأرض آلاف السنين والمناخ فيها مستقر نسبيا مما أدى إلى تطور الحضارة البشرية الحديثة. لذلك فإن التغيرات المفاجئة التي قد تحدث في المناخ ستشكل تحديا كبيرا للبشرية وللنظم الطبيعية أيضا التي سيصعب عليها التكيف مع التغيرات السريعة.

يزيد الاحترار العالمي زيادة مرصودة أو متوقعة في المتوسط لدرجات الحرارة من معدلات تهطال الأمطار على خطوط العرض القريبة من المناطق القطبية، وبذلك يزيد الجريان السطحي للأنهار. ومع انصهار الجليد، يدخل المزيد من المياه العذبة إلى المحيطات فتقل ملوحتها. وبما أن الملوحة هي أحد الأسباب الرئيسة في دوران المحيطات لمسافات طويلة مما يعمل على توزيع حرارة الكوكب، لذا فإن انخفاض الملوحة ينذر بعواقب وخيمة تجب دراستها والتنبه إليها.

هناك ما يسمى: «ناقل المحيطات العالمي أو الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي»[55] ويشمل ذلك تيار الخليج المعروف بنقل المياه السطحية الدافئة إلى شمال أوروبا، حيث يقوم بتدفئتها وهناك التيارات العميقة الباردة والمالحة (انظر الشكل32).

وقد ساهم هذا الدوران، الذي يسند إليه توزيع الحرارة من خط الاستواء باتجاه القطبين، في إحداث التغيرات المناخية المفاجئة في الماضي، ويشمل هذا الدوران تيارات بحرية صاعدة وأخرى هابطة، وذلك وفق كثافتها وملوحتها وبرودتها. ولذلك فإن أي عامل قد يؤدي إلى خفض برودة أو ملوحة الماء، يهدد عملية الدوران وبالتالي يؤدي إلى عواقب شديدة الخطورة، ومن خلال المشاهدات خلال العقود الأخيرة يتبين أن العوامل التي تحكم هذا الدوران قد تغيرت نتيجة النشاط البشري، مما يزيد من القلق بشأن حدوث تغيرات مناخية مفاجئة في المستقبل[56] [57].



الشكل (32) : رسم تخطيطي لناقل المحيطات العالمي

(الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي)

ست خطوات نحو التغير المناخي المفاجئ

ظهـرت منذ الثمـانينيـات نـظريات تقـول إن دفـء المنـاخ قد يزيد من تـدفق الميـاه العـذبة إلى المحيطات بشكل يكفي لإبطاء أو حتى إيقـاف (الدوران المدفوع بالتبـاين الحـراري والملحي)، أو مـا يسـمى بالحـزام الناقل المحـيطي العظيم[57]، مما يؤدي إلى إعـادة تنظيم أنمـاط الدوران المحيطي والجوي، وتم التنبؤ ببـرودة كبيرة في نصف الكرة الشمالي، خصـوصا في إقليم شمال الأطلسي في حالة توقف الدوران.

ورجحت السـجلات الحـديثة، التي تشير إلى قيـاسـات التبـخر والأمطار والجـريان السطحي وملوحـة المحيطات ودورانهـا، أن مـا تنبـأت به النظريـات في المـاضي قد يكون واقـعـا بالفعل في الوقت الحـاضر.

وتتسلسل الأحداث على النحو التالي: (انظر الشكل 33)

1 - انبعاث ثاني أكسيد الكربون يزيد من تركيزه في الغلاف الجوي.

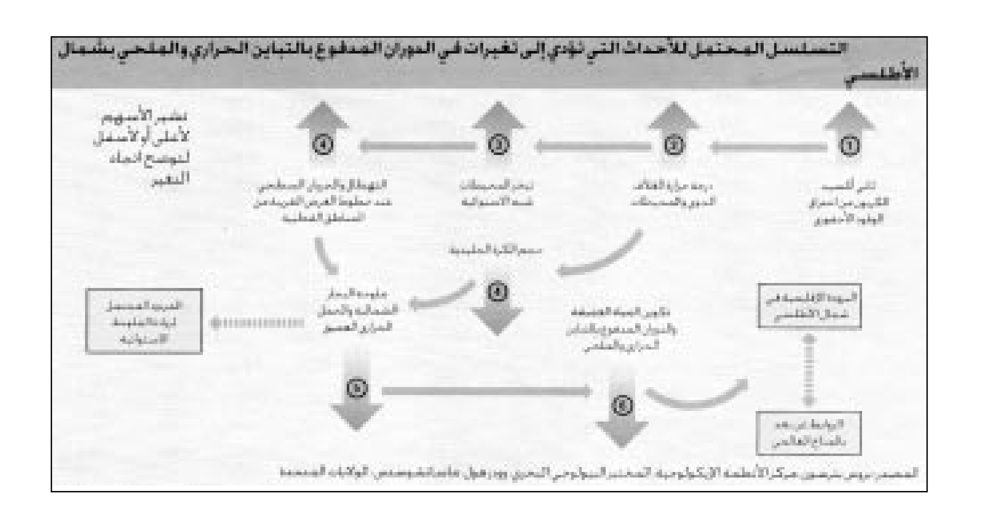
2 - ارتفاع درجة حرارة الأرض نتيجة لذلك.

3 - ازدياد تبخر المحيطات وملوحة السطح عند خطوط العرض شبه الاستوائية .

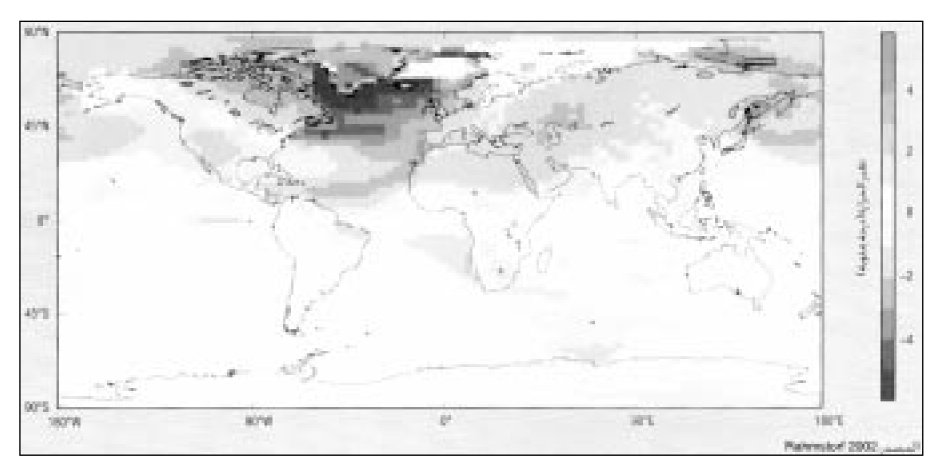
4 - ازدياد التهطال والجـريان السطحي والانصـهار الجليدي عند خطوط العـرض القـريبـة من المنطقة القطبية مضيفة مياها عذبة زائدة إلى طبقات سطح المحيطات في هذه الأقاليم.

5 - انخفاض ملوحة سطح المحيطات في مواقع أساسية للحمل الحراري العميق في شمال الأطلسي.

6 - إبطاء أو توقف دوران المحيطات الذي يوزع حرارة الكوكب ما يؤدي إلى تغيرات مفاجئة في المناخ[58].



الشكل (33): الخطوات الست نحو إبطاء أو توقف دوران المحيطات



الشكل (34): تغييرات نموذجية لتغيرات في درجة الهواء من جراء توقف «ناقل» شمالي الأطلسي

احتمالات النتائج

- إن التغيرات في التبخر شبه الاستوائي والأمطار والجريان السطحي وملوحة المحيطات التي تنبأت بها نماذج الدوران العام لسيناريو الاحترار الدفيئي قد تكون جارية على أرض الواقع.

- إن التغيرات التي تمت ملاحظتها حتى الآن ليست كبيرة بما يكفي للتأثير في التيارات البحرية الصاعدة، غير أن الاحترار الإضافي المتوقع في أثناء الفترة المتبقية من هذا القرن، الذي يقدر بنحو 1.4 و5.8 درجة مئوية سيكون له تأثير كبير. وإن الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي في شمال الأطلسي قد يكون في طريقه للإصابة بالضعف الخطير أو الانهيار النهائي.

- ترجح عدة دراسات لنموذج الاحترار الدفيئي أن الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي في شمال الأطلسي قد ينهار عند وصول مستوى ثاني أكسيد الكربون 800 - 1000 جزء في المليون تقريبا وارتفاع درجة الحرارة من 4 - 6 درجات مئوية.

- ترى الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن الفقرة السابقة تقع ضمن الحدود العليا لتوقعات الهيئة لنهاية هذا القرن، وأن النماذج التي اعتمدت عليها تشير إلى هبوط كبير في الدوران بحلول عام 2100 وليس توقفا تاما للتيارات البحرية الصاعدة.

- ترجح المشاهدات أن خمسا من الخطوات الست التي أشرنا إليها سابقا جارية بالفعل، إلا أن هناك عمليات غير مفهومة في جميع النماذج يمكن أن تغير مسار المرحلة السادسة بطرق غير متوقعة تقلل أو تزيد من التغيرات.

- إذا قارب الانهيار على الحدوث فإنه يسبقه دوران للتيارات البحرية الصاعدة على نحو غريب، مؤديا إلى ظروف مناخية لا يمكن التنبؤ بها بزيادة ضعف الدوران، ومن ذلك قد يحدث التوقف فجأة وبتحذير بسيط، وقد يؤدي التوقف إلى برودة إقليمية تتراوح بين 2 و5 درجات

مئوية لمناطق شمال الأطلسي على الأخص، بما في ذلك جرينلاند وأيسلندا والجزر البريطانية وشمال أوروبا، وسيكون لها تأثيرات كبيرة في الظروف البيئية في المحيطات واليابسة على حد سواء (وتجدر الإشارة هنا إلى أن الفارق في درجات الحرارة بين عصرنا الحاضر والعصر الجليدي كانت 5 درجات مئوية).

- وفي الحالة الأخيرة يمكن أن تنخفض ذروة ثاني أكسيد الكربون بمرور الوقت بسبب استنزاف الوقود الأحفوري أو التحول نحو استخدامات الطاقة الجديدة والمتجددة.

- إن مجموعة الاحتمالات المتوافرة حاليا لا تزال غير مؤكدة، ولذلك فمن الأسلم التفكير في أن التوقعات النموذجية عبارة عن مؤشرات على ما يمكن أن يحدث.

- ترجح الأدلة العلمية أن تقليل تراكم ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي سيخفض الزيادة المتوقعة في درجة الحرارة، وستكون النتيجة احتمالا أضعف لغرض إعادة تنظيم الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي في شمال الأطلسي، وفرصة أفضل للحفاظ على مناخ مستقر في شمال الأطلسي والأماكن الأخرى.

- التدابير المطلوبة للحد من احتمالات تغير المناخ المفاجئ هي نفسها التي تقوم على منع ظاهرة الاحترار العالمي، أي تخفيض معدل زيادة الاحتباس الحراري عن طريق خفض مخرجات غازات الاحتباس الحراري [59].

المناخ العالمي والمستقبل في القرن الواحد والعشرين

من الصعب أن نقرر أو نتنبأ بما سيكون عليه مستقبل المناخ ما لم نعرف طبيعية التغيرات التي يمكن أن يحدثها البشر وتؤثر في هذا المناخ، لذلك تعتمد سيناريوهات مختلفة تأخذ عددا من الاحتمالات المتوقعة، وعلى ضوء كل سيناريو يستطيع النموذج وعن طريق المحاكاة أن يتبنى تنبؤا معينا أو توقعا بما يمكن أن يكون عليه المناخ.

بعد أن تم وضع نماذج مناخية معقدة تستند إلى قواعد مادية لتوفير تقديرات مفصلة للمعلومات حول الانعكاسات المرتقبة والجوانب الإقليمية، تزايدت الثقة في قدرة النماذج على إسقاط المناخات المستقبلية، ونجد أن هذه النماذج لا تستطيع أن تحاكي جميع جوانب المناخ، إلا أن فهم العمليات المناخية وتمثيلها في النماذج المناخية قد تحسن، بما في ذلك بخار الماء وديناميات الجليد البحري وانتقال حرارة المحيطات، وكان أداء بعض النماذج الحديثة في محاكاة المناخ الحالي يبعث على الرضا.

واستنادا إلى عمليات المحاكاة النموذجية العالمية الأخيرة فهناك ترجيح بارتفاع درجات حرارة جميع المناطق الأرضية بسرعة أكبر من المتوسط العالمي، وخاصة تلك الواقعة ضمن الخطوط القطبية الشمالية في الموسم البارد. ومن الجدير بالملاحظة أن الاحترار في المناطق

الشمالية من أمريكا الشمالية وشمالي ووسط آسيا يتجاوز المتوسط العالمي للاحترار بأكثر من 40% في كل نموذج، إلا أن الاحترار في جنوب وجنوب شرق آسيا في الصيف وجنوبي أمريكا الجنوبية في الشتاء كان أقل من تغير المتوسط العالمي.

توقعات المستقبل والقرارات السياسية

سيكون المستقبل صعبا ومعقدا وقد يكون أصعب من أي وقت مضى إذا بقي خاضعا لأمزجة الساسة وقراراتهم التي ستحدد شكل المستقبل لا في المجال البيئي فقط وإنما ستنعكس على معظم جوانب الحياة، ولعل السيناريوهات الأربعة التي تحدثت عنها توقعات البيئة العالمية 3 بالتفصيل تعطينا تصورا مختلفا عن الكيفية التي سيكون عليها العالم لو اعتمد أحدها: والسيناريوهات الأربعة توضح ماهي الأولويات التى يمكن ان يقررها الساسة وصناع القرار: السوق أولا أم السياسة أولا أم الأمن أولا أم الاستدامة أولا؟ [60].

مستقبل المنطقة العربية

كل ما بذلته الدول العربية للتنبؤ بمستقبل المناخ في منطقتنا يمكن أن نقول إنه كان متواضعا. ففي الشكل (19)، الذي يبين محطات الرصد في العالم لم نلحظ شيئا يذكر من هذه المحطات في الجزيرة العربية أو الشمال الأفريقي. أما في الشكل (34) فمن الضروري أن يعرف رئيس كل دولة عربية ما هي درجة الحرارة التي ستسود بلاده إذا حدث تغير المناخ المفاجئ وأنهار الدوران في ناقل المحيطات العالمي. فشمال الاطلسي مثلا سيجتاحه الجليد، ولكن كيف ستكون الحال في الكويت أو الجزيرة العربية مثلا إذا هبطت درجة الحرارة إلى ما دون الصفر كما تشير الخارطة التي تنبأ بها العلماء؟

إن شواطئ العالم العربي الممتدة ثمانية عشر ألف كيلومتر (18000) من المحيط الأطلسي مرورا بالبحر المتوسط والبحر الأحمر بساحليه الشرقي والغربي وبحر العرب وصولا إلى الخليج العربي، تحتاج فعلا وبسرعة لتجنيد العلماء العرب للدخول في هذا الميدان، لوضع السيناريوهات الضرورية للتنبؤ بما ستكون عليه حالة سواحلنا وسكانها مع تغيرات المناخ المفاجئة وغير المفاجئة. إن هذه مجرد أمثلة ومن المفروض على العرب اليوم إلا يتعاملوا مع المستقبل كما تعامل معه قوم نوح عليه السلام. إن الأمثلة المشاهدة في مختلف أرجاء العالم من الفيضانات والأعاصير والكوارث وملايين المشردين والضحايا وفقدان الأراضي الزراعية والمياه العذبة لدليل كاف على ضرورة بدء العمل بسرعة. وعلينا أن نتذكر أيضا أن هناك روابط من بعد لا يجوز التغاضي عنها، فقوة الرياح الموسمية في بحر العرب ترتبط بالتغيرات في مناخ شمال الأطلسي، ومن الأسلم لنا أن ندرس ما إذا كان إعصار جونو، الذي ضرب عمان، ناتجا عن تلك الروابط، خصوصا أن تيار الماء الدافئ (اللون الأزرق) يلتقي مع تيار الماء العميق البارد (اللون الأحمر) قبالة بحر العرب (انظر الشكل 32).

إن رصد الأموال التي سمعنا عنها أخيرا للبحث العلمي ولدراسات تغير المناخ ظاهرة إيجابية وإن جاءت متأخرة بعض الشيء، قياسا على ما فعلته الدول الغنية الأخرى. وهذا ما يدعونا إلى ضرورة الإسراع إلى تشكيل مجلس من العلماء العرب لتحديد الإطار وبرنامج العمل لمواجهة المشكلة قبل أن تستفحل.

الهوامش

1 - ظاهرة الدفيئة، تمتص غازات الدفيئة بفعالية الإشعاع الأحمر الذي ينطلق من سطح الأرض ومن الغلاف الجوي نفسه، بسبب الغازات نفسها ومن السحب. وتنطلق إشعاعات الغلاف الجوي في جميع الجهات بما في ذلك إلى أسفل في اتجاه سطح الأرض. وهكذا تختزن غازات الدفيئة الحرارة داخل نظام السطح - التروبوسفير. ويُطلق على ذلك اسم «ظاهرة الدفيئة الطبيعية». ويقترن إشعاع الغلاف الجوي بقوة مع درجة حرارة المستوى الذي تبث عنده. وتقل درجة الحرارة بصفة عامة كلما ارتفعنا في التروبوسفير. ومن الناحية العملية، فإن الإشعاع تحت الأحمر الذي يُبث في الفضاء ينشأ عن ارتفاع يبلغ عنده متوسط درجة الحرارة 19 درجة مئوية، وهو ما يتوازن مع صافي الإشعاع الشمسي الوارد، بينما تظل درجة حرارة سطح الأرض مرتفعة بصورة أكبر كثيرا حيث تبلغ في المتوسط +14 درجة مئوية. وتفضي زيادة في تركيز غازات الدفيئة إلى تزايد عدم الشفافية تحت الحمراء للغلاف الجوي، ومن ثم إلى فعالية الإشعاع في الفضاء من ارتفاع أعلى عند درجة حرارة أقل. ويؤدي ذلك إلى حدوث تأثير إشعاعي، وهو اختلال لا يمكن تعويضه إلا عن طريق زيادة درجة حرارة نظام السطح - التروبوسفير. وهي «ظاهرة الدفيئة المعززة» (معجم المصطلحات، ص 31).

2 - غاز الدفيئة، غازات الدفيئة هي تلك المكونات الغازية الطبيعية والبشرية المنشأ التي يتألف منها الغلاف الجوي والتي تمتص وتبث الإشعاع عند أطوال موجية محددة في نطاق طيف الإشعاع تحت الأحمر، الذي يبتعثه سطح الأرض والغلاف الجوي والسحب. تؤدي هذه الخاصية إلى تكون ظاهرة الدفيئة. وغازات الدفيئة الرئيسية في الغلاف الجوي هي بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروز والميثان والأوزون. وبالإضافة إلى ذلك، يوجد في الغلاف الجوي عدد من غازات الدفيئة البشرية المنشأ تماما، مثل الهالوكربونات وغيرها من المواد المحتوية على الكلور والبروم التي تُعالج بموجب بروتوكول مونتريال. وبالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروز والميثان، يتناول بروتوكول كيوتو سادس فلوريد الكبريت والمركبات الكربونية الفلورية الهيدرولوجية والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (معجم المصطلحات، ص 34).

3 حالة البيئة في العالم، 1989، ص 33.

4 حالة البيئة في العالم، 1987، ص 26.

5 UNEP / GCSS. 111/2، ص 25.

6 المرجع السابق، ص 26.

7 تغير المناخ 2001، معجم المصطلحات، ص 21.

8 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 34 و35.

9 حالة البيئة في العالم 1987، مرجع سابق، ص 26 و27.

10 UNEP / GCSS / 2، مرجع سابق، ص 260.

11 توقعات البيئة العالمية 2، ص 24.

12 توقعات البيئة العالمية 3، ص 83.

13 استخدام الأرض: مجموع الترتيبات والأنشطة والمدخلات التي يجري القيام بها في نوع معين من غطاء التربة (مجموعة من الإجراءات البشرية)، وهو يمثل الأغراض الاجتماعية والاقتصادية لإدارة الأراضي (مثل الرعي والحصول على الأخشاب والحفاظ على البيئة). (معجم المصطلحات ص 30)

14 تغير المناخ 2001، ملخصات تقارير الأفرقة العاملة، ص 1 إلى 6.

15 الميثان: أحد المكونات الكربونية الهيدرولوجية التي تشكل أحد غازات الدفيئة التي تتكون من خلال تحلل المخلفات في الحفر الأرضية بمعزل عن الأكسجين والهضم الحيواني وتحلل المخلفات الحيوانية وإنتاج وتوزيع الغاز الطبيعي والنفط وإنتاج الفحم والاحتراق غير الكامل للوقود الأحفوري. والميثان هو أحد غازات الدفيئة الستة التي من المقرر تخفيفها بموجب بروتوكول كيوتو (معجم المصطلحات، ص 42).

16 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 39.

17 التقرير التجمعي 2001، ملخصات الأفرقة العاملة، مرجع سابق ص 7 – 8.

18 أكسيد النيتروز: أحد غازات الدفيئة العضوية ينطلق من جراء ممارسات زراعة التربة، ولا سيما استخدام المخصبات التجارية والعقدية واحتراق الوقود الأحفوري وإنتاج حامض النيتريك وإحراق الكتلة الأحيائية.وأكسيد النيتروز هو أحد غازات الدفيئة الستة التي من المقرر الحد منها بموجب بروتوكول كيوتو. (معجم المصطلحات، ص 4).

19 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 38.

20 التقدير التجميعي 2001، ملخصات الأفرقة العاملة، مرجع سابق، ص 1 – 10.

21 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 40 و41.

22 المرجع السابق، ص 41 و42.

23 UNEP/ GCSS. 111/2، مرجع سابق، ص 25.

24 تغير المناخ 2001، ملخصات الأفرقة العاملة، مرجع سابق، ص 1 - 13.

25 المرجع السابق، ص 1 - 10.

26 حالة البيئة في العالم 1987، مرجع سابق، ص 30.

27 حالة البيئة في العالم 1986، مرجع سابق، ص 9.

28 تغير المناخ 2001 التقرير التجميعي، مسرد المصطلحات، ص 89 – 111.

29 سيناريو المناخ: تمثيل معقول ومبسط في كثير من الأحيان للمناخ في المستقبل، يستند إلى مجموعة من العلاقات المناخية المتسقة داخليا التي وُضعت لاستخدامها بوضوح في دراسة النتائج المحتملة لتغير المناخ البشري المنشأ، وتعمل في كثير من الأحيان كمدخلات في نماذج التأثيرات. وتعمل التقديرات المناخية في كثير من الأحيان كمادة خام لوضع سيناريوهات المناخ، ولكن سيناريوهات المناخ تتطلب في العادة معلومات إضافية عن أمور مثل المناخ الحالي المرصود. و«سيناريو تغير المناخ» هو الفرق بين سيناريو المناخ والمناخ الحالي.
(معجم المصطلحات، ص 27)

30 UNEP/ GCSS. 111/2، مرجع سابق، ص 28 و29 و30.

31 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1982، ص 46.

32 المرجع السابق، ص 47.

33 المرجع السابق، ص 48 و49.

34 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1983، ص 36 و37.

35 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1983، ص 60.

36 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1989، ص 58.

37 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 48.

38 حالة البيئة في العالم 1987، مرجع سابق، ص 28.
39 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1989، مرجع سابق ص 58 و59.
40 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2003، ص 20.
41 المرجع السابق، ص 12 و13.
42 تغير المناخ 2001، ملخصات الأفرقة العاملة، مرجع سابق ص 1 - 5.
43 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، ص 42.
44 دار الحياة - الحياة 2007/2/2، أحمد مغربي.
45 UNEP/ GCSS. 111/2، مرجع سابق، ص 31 و32.
46 توقعات البيئة العالمية 3، مرجع سابق ص 215.
47 سفيان التل (رئيس التحرير) مجلة رسالة البيئة، عدد 2، مارس 1992، ص 3.
48 سفيان التل، البيئة والشباب - سلسلة التثقيف الشبابي 1995، ص 35 و36.
49 سفيان التل، سكان العالم - لاجئو البيئة، مجلة الدفاع المدني، أكتوبر 1991، ص 14 و15.
50 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2003، مرجع سابق، ص 15.
51 المرجع السابق، ص 19.
52 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، مرجع سابق، ص 28 و29.
53 جريدة الرأي الأردنية، 2004/12/31.
54 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، مرجع سابق، ص 84.
55 الدوران المدفوع بقوة التباين الحراري والملحي، دوران واسع النطاق في المحيطات يرتهن مداه بالكثافة وتسببه الاختلافات في الحرارة والملوحة. وفي شمال الأطلسي، يتألف الدوران المدفوع بقوة التباين الحراري والملحي من المياه السطحية الدافئة المتدفقة شمالا والمياه العميقة الباردة المتدفقة جنوبا، وهو ما يسفر عن نقل صاف للحرارة في اتجاه المنطقة القطبية. ويغيض الماء السطحي في مناطق الغور المقيدة بدرجة كبيرة التي تقع في مناطق خطوط العرض العليا (معجم المصطلحات، ص 25).
56 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، مرجع سابق، ص 80 - 84.
57 تغير المناخ التقرير التجميعي، مساهمة الأفرقة العاملة الثلاث، ص 92.
58 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، مرجع سابق، ص 81 - 82.
59 المرجع السابق، ص 83 و84.
60 توقعات البيئة العالمية 3، مرجع سابق، ص 329 - 349.

المراجع

1 حالة البيئة في العالم 1986، البيئة والصحة، برنامج الأمم المتحدة البيئة، يونيو.
2 حالة البيئة في العالم 1987، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، أبريل 1987.
3 حالة البيئة في العالم 1989، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، أبريل 1989.
4 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1982، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي، مايو 1983.
5 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1983، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي، مايو 1984.
6 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1985، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي 1986.
7 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1989، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي 1990.
8 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1990، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي 1991.
9 توقعات البيئة العالمية 2، عالم الترجمة UNEP 2000.
10 توقعات البيئة العالمية 3، المنظورات الماضية والحالية والمستقبلية، عالم الترجمة بالتعاون مع مؤسسة التكا للترجمة الفنية، اليونب - المنامة - مملكة البحرين.
11 GEO الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2003، UNEP برنامج الأمم المتحدة للبيئة.
12 GEO الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، UNEPبرنامج الأمم المتحدة للبيئة.
13 UNEP/ GCSS. 111/2، برنامج الأمم المتحدة للبيئة 1992، نيروبي، كينيا.
14 تغير المناخ 2001، ملخصات تقارير الأفرقة العاملة والملخصات الفنية
الفريق العلمي الأول: الأساس العلمي.
الفريق العلمي الثاني: التأثيرات والتكيف وسرعة التأثر.
الفريق العلمي الثالث: التخفيف.
15 تغير المناخ 2001، التقرير التجميعي - مساهمة الأفرقة العاملة الثلاث في تقرير التقييم الثالث للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، UNEP - WMO.
16 تغير المناخ 2001، معجم المصطلحات
_tar / vo 14/ Arabic / 204. htm_www. Grida-no/ climate/ipc
17 موقع الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
Intergovernmental Panel on Climate change
www.ipcc. ch
www. Ipcc.ch / Language portal / Arabic portal. htm.
18 سفيان التل، الحديث عن الصقيع في الصيف، مجلة رسالة البيئة، العدد 2، مارس 1992، صادرة عن جمعية البيئة الأردنية.
19 سفيان التل، سكان العالم ولاجئو البيئة، مجلة الدفاع المدني، العدد 2 نوفمبر، 1991، عمان.
20 سفيان التل، البيئة والشباب، سلسلة تثقيف الشباب 21، تصدرها وزارة الشباب في المملكة الأردنية الهاشمية.
21 صحيفة الرأي، 2004/12/31، عمان.
22 صحيفة الغد، 2007/10/18، عمان.
23 The Global Climate Observing System (GCOS)

An Introduction April 1992.
Joint Scientiffic and Technical Committee (GCOS)
WMO - IOC - UNEP - 1 CSU - WMO No 777.
24 Global Climate Change.
The Department of the Environment in association with the Meteorlogical office
October 1989
25 French H.F (1990) Clearing the are
A globle agenda. World watch Paper 94
World Watich Institute.
Washington D.C.
26 www. daralhyat. Net / action / print. Php.
27 Rahmstorf,S (2002). Ocean circulation and climate during the past 120,000 years.Nature,419,207-14.
28 Schulz, H.,von Rad, U., Erlenkeuser, H. (1998). Correlation between Arabian Sea and Greenland climate oscillations of the past 110 000 years. Nature, 393 (6680), 54-7.
29 Hughen, K.A., Eglington, T.I., Xu, L. and Makou, M. (2004). Abrupt tropical vegetation response to rapid climate changes. Science, 304, 1955-9.
- تغير المناخ 2007، موقع الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC).
ولم تحصل التقارير المنشورة على الموافقة النهائية بعد.

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

كيوتو وخلفيات المواقف الدولية

د. بالقاسم المختار (*)

مقدمة:

عندما أدركت البشرية مسؤولية الإنسان في التلويث والإخلال بالأنظمة البيئية الحيوية، بدأ ينتشر في الأوساط العلميّة، ثم السياسيّة والشعبيّة، نوع من الوعي العلمي بخطورة الوضع العام لمقومات الحياة على سطح الأرض حاضرا ومستقبلا. ولقد أدى هذا الوعي إلى بروز علامات اهتمام حكومي وشعبي بالوسائل القادرة على الحدّ من تفاقم عوامل التدهور البيئي، وعلى إيجاد حلول للقضايا القائمة، والأخطار الحاصلة، والكامنة، وانعكاساتها السلبية على حياة الإنسان ومستقبل البشرية.

وفي هذا الإطار حاولت المجموعة الدولية التوصل إلى سياسة عامة تضبط السلوك البشري تجاه البيئة، فنظمت العديد من الندوات والمؤتمرات والاتفاقيات، كان منطلقها بشكل عام مؤتمر التنمية والبيئة في ريو دي جانيرو بالبرازيل عام 1992. وواضح أن الاسم المتداول لهذا المؤتمر الدولي (قمّة الأرض) قد أبرز، من البداية، أن المسألة البيئية قضية عامة وشاملة، تتعدى الحدود السياسية، والمصالح الوطنية، والغايات الاقتصادية للدول وللتكتلات الإقليمية، أو المجموعات الحضارية ـ الاقتصادية. وهذا الخيار العالمي يعني دعوة صريحة إلى المشاركين بأن يتجاوزوا نظراتهم القطرية والإقليمية الضيّقة، وبأن يتصرفوا وفق هذا التوجه العالمي الشامل. فهل سيكون ذلك كذلك؟

(*) قسم الجغرافيا - كلية الآداب والعلوم الاجتماعية - جامعة السلطان قابوس - سلطنة عمان.

ويهدف هذا البحث إلى إبراز الجهود الدولية في مجال مقاومة التلوّث والتغيرات المناخية، والظروف العامة التي أدّت إلى إعلان اتفاقية كيوتو، وأهم ما جاء في هذا البروتوكول، واختلاف المواقف الدولية وخلفياتها العلمية والسياسية.

جهود المجموعة الدولية واختلاف المواقف

بدأت محاولات الاتفاق الدولي بإنشاء «الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ» سنة 1988 من قبل المنظمة العالمية للأرصاد الجوّية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة. وفي قمة الأرض بريو دي جانيرو سنة 1992، اتفقت 189 دولة على تبني «اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيرات المناخ». وقد اعتُمدت هذه الاتفاقية بنيويورك في التاسع من مايو 1992. ثم تتالت بعدها عدة مفاوضات، أثمرت ما سُمّي ببروتوكول كيوتو، الذي فُتح باب «توقيعه في مقرّ الأمم المتحدة بنيويورك من 16 مارس 1998 إلى 15 مارس 1999» (المادة 24، الفقرة 1).

غير أن هذا التحديد الزمني للتوقيع لم يكن مُلزما، إلى درجة أفقدته معناه، ذلك أن نفس الفقرة الأولى من المادة 24، تضيف: «يُفتح باب الانضمام إليه ابتداء من اليوم التالي لتاريخ إغلاق باب توقيعه».

كما أن العمل بهذا البروتوكول لم يبدأ إلاّ في فبراير من سنة 2005، أي عندما حصل النصاب الذي حددته الاتفاقية في الفقرة الأولى من المادة 25، وفي الدول التي صادقت عليه نهائيا فقط. بينما عارضته، وما زالت تعارضه، بضع دول تتزعمها الولايات المتحدة الأمريكية.

ولقد عدّد المجتمع الدولي المحاولات للبحث عن السبل الكفيلة بتطبيق بنود البروتوكول، وخاصة مسألة خفض انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة، وفي مقدمتها ثاني أكسيد الكربون. لكن من أوّل هذه المؤتمرات، في ريو دي جانيرو، إلى قمة الثمانية في جلين إيجلز باسكتلندا (يوليو 2005)، مرورا بقمّة لاهاي (نوفمبر 2000)، واجتماع الفريق الحكومي حول تغيّرات المناخ بشنغهاي (يناير 2001)، ثم بمؤتمر جوهانسبرج (2002)، و غيرها، ظهرت خلافات عديدة بين الدول المشاركة حول طبيعة العوامل المتسببة في الخلل البيئي، وخاصة حول أسباب ارتفاع حرارة الكرة الأرضية وغلافها الجوّي (الاحترار العالمي. Global Warming)، أي خلافات حول تحديد المسؤولين الرئيسيين عن التلويث في بيئاتهم المحليّة، أو في البيئة العالمية إجمالا. ولقد كان المشاركون في اجتماع كيوتو بعيدين جدا عن الاتفاق بشأن بنود البروتوكول ذاته، وبشأن الإجراءات التطبيقية لما قد يتفقون عليه. وفي هذا المستوى تداخلت المسائل العلمية والاقتصادية والسياسية بشكل لافت، واتضح من خلال المواقف المُعلنة والخفيّة أن بعض الفاعلين في العالم قد كانوا، ولايزالون، أبعد ما يكونون عن روح التوجه الإنساني - الكوني الذي حاولت قمّة ريو دي جانيرو أن تغرسه في الأذهان والوجدان.

محتوى اتفاقية كيوتو

هذا البروتوكول هو عبارة عن اتفاقية من 28 مادة، شملت تحديد الأطراف المعنية، والملوّثات الضارة بالبيئة، والإجراءات الواجب اتخاذها، والسُبل التنفيذية للالتزامات الدولية، منفردة أو مجتمعة، والعلاقات المرجوة بين الدول المتقدمة والدول النامية في هذا الشأن، وطرق المتابعة الدولية لتنفيذ الاتفاقية، وغير ذلك. كما شمل البروتوكول في نهايته مُلحقين سماهما بـ «المرفق ألف»، و«المرفق باء». الأوّل منهما حدّد الغازات، والأنشطة الملوّثة في الطاقة والصناعة والزراعة والنقل. والمرفق الثاني ضبط قائمة بالدول المعنية بخفض الانبعاثات، والنسبة المئوية التي عليها خفضها، مقارنة بالكميّة التي كانت تنبعث منها سنة 1990 (الشكل 1، والجدول 1)

وبعد عدّة مراحل من المفاوضات الفنية والديبلوماسية، اتفقت الأطراف المعنية على العديد من المبادئ المتعلقة بالأهداف، وبإجراءات التنفيذ والمتابعة والتقييم، وأهمها:

● ضرورة الحدّ من تركّز الغازات الحابسة للحرارة في مستويات لا تضرّ بالنظام البيئي، «بتحديد وخفض الانبعاثات كميّا» (المادة 2، الفقرة 1)، وبـ «تعزيز كفاءة الطاقة في قطاعات الاقتصاد الوطني ذات الصلة» (المادة 2، الفقرة 1، البند 1)، و«تعزيز أشكال الزراعة المستدامة في ضوء الاعتبارات المتصلة بالتغيّرات المناخية» (المادة 2، الفقرة 1، البند 3).

● ضرورة اتخاذ إجراءات احتياطية في مجال الانبعاثات، والقيام بالبحوث العلمية المتعلقة بالأشكال الجديدة للطاقة، وتكنولوجيات تنحية ثاني أكسيد الكربون.

● إلزام الدول المذكورة في «المرفق الثاني» بنشر بيانات صادقة عن الانبعاثات «في قائمة جردها السنوية للانبعاثات» (المادة 7، الفقرة 1)، وبتبني برامج مُعلنة للحدّ منها، و«إثبات امتثالها لالتزاماته» (المادة 7، الفقرة 2).

● دعوة المجتمع الدولي إلى خفض انبعاثات 6 غازات حابسة، وإلزام 38 دولة صناعية «بخفض انبعاثاتها الإجمالية من مثل هذه الغازات بخمسة في المائة على الأقل دون مستويات عام 1990 في فترة الإلزام الممتدة من 2008 إلى 2012» (المادة 3، البند 1).

● تحديد حدّ أقصى من الانبعاثات خاص بكل دولة صناعية (38 دولة مذكورة بالمرفق الثاني)، ونسب تخفيض يجب تحقيقها خلال الفترة 2008 - 2012 ، على أن تُحقق كل دولة بحلول عام 2005 «تقدما يُمكن إثباته» (المادة 3، البند 2)

● تبني مبدأ إمكان التصرف في جزء من الحصة بالتخزين والبيع لدول أخرى، و«يجوز للأطراف المدرجة في المرفق باء الاشتراك في الاتجار في الانبعاثات لأغراض الوفاء بالتزاماتها...» (المادة 6 والمادة 17)، وهذا يعني قيام أسواق إقليمية أو عالمية لانبعاثات الغازات الحابسة، والمدرجة في المرفق ألف.

ولتدخل مثل هذه الإجراءات حيّز التنفيذ، وضع بروتوكول كيوتو لنفسه ثلاثة شروط وردت، في مجملها، بالفقرة الأولى من المادة 25 وهي:

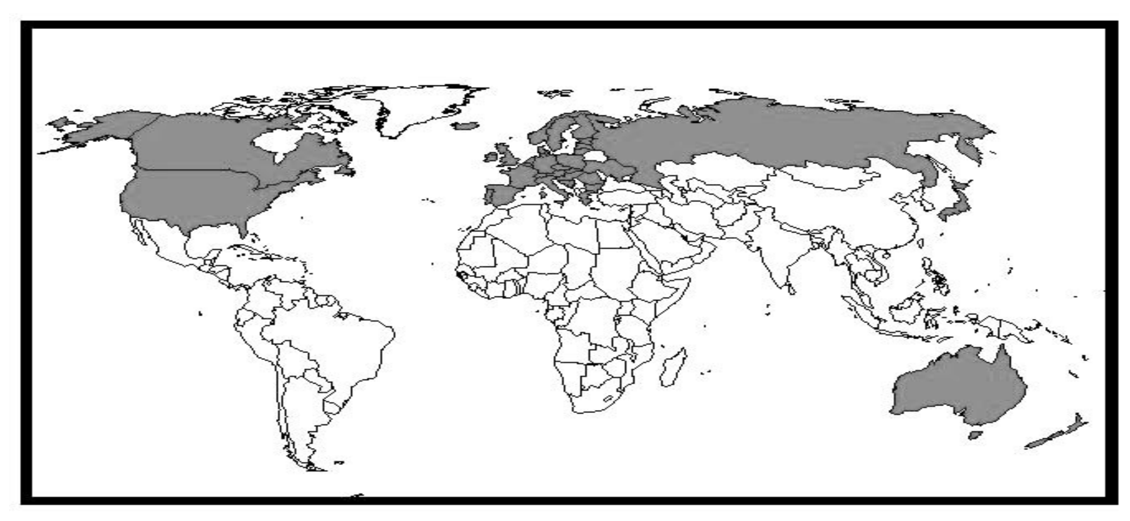
نص الفقرة الأولى من المادة 25 لبروتوكول «كيوتو»:

«يبدأ نفاذ هذا البروتوكول في اليوم التسعين من تاريخ قيام ما لا يقل عن 55 طرفا من الأطراف في الاتفاقية، تضم أطرافا مدرجة في المرفق الأول تستأثر في المجموع بما لا يقل عن 60 في المائة من إجمالي الانبعاثات من غازات ثاني أكسيد الكربون لعام 1990 للأطراف المدرجة في المرفق الأول بإيداع صكوك تصديقها أو قبولها أو موافقتها أو انضمامها».

المصدر: الأمم المتحدة، 2005، بروتوكول كيوتو الملحق باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، ص18.

وبفعل هذا النص القانوني، لم يكن ممكنا لبروتوكول كيوتو أن يدخل حيّز التنفيذ إلا بعد تحقيق الشروط التالية:

- المصادقة النهائية لخمس وخمسين دولة على الأقل. وهو ما تمّ في 23 مايو 2002، بعد موافقة أيسلندا.
- ألاّ يقل نصيب الدول المصادقة عن 60% من إجمالي الانبعاثات المسجلة سنة 1990 في الدول المذكورة بالمرفق باء، أي المذكورة في الجدول 1. وهو ما تمّ يوم 18نوفمبر 2004، بعد الموافقة النهائية لجمهورية روسيا الاتحادية.
- انقضاء تسعين يوما بعد التوقيع النهائي لآخر دولة أكملت للبروتوكول شرطيه السابقين. أي أنه سينطبق على الدول التي صادقت عليه قبل 18 نوفمبر 2004 (تاريخ موافقة روسيا) بداية من 16 فبراير 2005.



الشكل (1): الدول المدرجة في المرفق باء من بروتوكول كيوتو.

الجدول (1): الدول المعنية بخفض أو تحديد الانبعاثات كميّا كما وردت في المرفق باء من بروتوكول كيوتو (كنسبة مئوية من سنة أو فترة الأساس).

الدولة	نسبة التخفيض	الدولة	نسبة التخفيض
الاتحاد الروسي	١٠٠	سويسرا	١٠٠
إسبانيا	٩٢	فرنسا	٩٢
أستراليا	١٠٨	فنلندا	٩٢
إستونيا	٩٢	كرواتيا	٩٥
ألمانيا	٩٢	كندا	٩٤
أوكرانيا	١٠٠	لاتفيا	٩٢
أيرلندا	٩٢	لختنشتاين	٩٢
أيسلندا	١١٠	لكسمبورج	٩٢
إيطاليا	٩٢	ليتوانيا	٩٢
البرتغال	٩٢	المملكة المتحدة وأيرلندا	٩٢
بلجيكا	٩٢	موناكو	٩٢
بلغاريا	٩٢	النرويج	١٠١
بولندا	٩٤	النمسا	٩٢
جمهورية التشيك	٩٢	نيوزيلندا	١٠٠
الدنمارك	٩٢	هنغاريا	٩٤
رومانيا	١٠٠	هولندا	٩٢
سلوفاكيا	٩٢	الولايات المتحدة الأمريكية	٩٣
سلوفينيا	٩٢	اليابان	٩٢
السويد	٩٢	اليونان	٩٢

المصدر: منظمة الأمم المتحدة، بروتوكول كيوتو الملحق باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ، المرفق باء، 2005.

الاختلافات والمواقف

بعيدا عن روح قمة الأرض في ريو دي جانيرو، طغت الاختلافات بين دول العالم بشأن نقاط عدّة، منها مسألة الخيار بين اعتماد مبدأ تحديد الحصص من الانبعاثات المسموح بها لكل دولة، أو مبدأ الضريبة على الكربون الذي تؤيده فرنسا، أو نظام رخص الانبعاثات المتبدلة الذي حاولت الولايات المتحدة الأمريكية فرضه. ولقد انتهى الخلاف بهذا الشأن في مؤتمر بون سنة 1995، باعتماد مبدأ تحديد الحصص، رغم تشبّث الولايات المتحدة، وأستراليا، وبعض الدول الصغيرة الأخرى، باعتراضها عليه.

ولقد تجسّد نجاح المؤيدين لبروتوكول كيوتو في مؤتمر مراكش في نوفمبر 2001، وما تبعه من حملة توقيعات متتالية لعدد كبير من الدول على البروتوكول خلال سنة 2002، وفي مقدمها الاتحاد الأوروبي في مايو، واليابان في يونيو.

لكن، رغم هذا النجاح، فإن حدّة الموقف الأمريكي هدّدت أي اتفاق شامل مُمكن، حتى صار ما سبق ذكره عن اتفاقية كيوتو لا يعدو كونه مجرّد مبادئ لا تمثّل أي إلزام قانوني لأي طرف. ولذلك ساد استعمال صيغ لغوية عامة مثل «تسعى الأطراف» (المادة 2، الفقرة 2)، و«يتكفّل كل طرف» و«التعاون بين الأطراف» وغيرها. كما فتح الباب أمام إمكان الانسحاب من الاتفاقية، حتى بعد الموافقة النهائية لأي دولة من الدول، حيث تنص الفقرة الأولى من المادة 27 على أنه «في أي وقت، بعد ثلاث سنوات من تاريخ بدء نفاذ البروتوكول بالنسبة إلى طرف ما، يجوز لذلك الطرف الانسحاب من البروتوكول بإرسال إخطار مكتوب إلى الوديع».

والواقع أن الاختلافات الدولية كانت متباينة جدا بشأن منطلقات البروتوكول نفسه، أي حول طبيعة أسباب الاحترار العالمي، وبشأن الإجراءات التي يقترحها، فمنذ البداية وحتى آخر مؤتمر للدول الأعضاء في مونتريال سنة 2005، أو في مؤتمر الأمم المتحدة الثاني عشر بشأن المناخ في نيروبي، انقسمت الدول التي وقعت سنة 1992 على اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ (189دولة) إلى أربع مجموعات متباينة، بل ومتصارعة أحيانا، هي بالترتيب، حسب قوّة تأثيرها:

● المجموعة المناهضة لبروتوكول كيوتو بزعامة الولايات المتحدة الأمريكية، وكانت تضم العديد من الدول الصناعية والنفطية مثل اليابان وأستراليا ونيوزيلندا، ولم يتبق منها حاليا في معارضة نهائية غير الولايات المتحدة وبعض الدول الصغيرة. ولقد كانت أستراليا على الموقف الأمريكي نفسه إلى فترة قريبة جدا، إلا أن موقفها تغيّر جذريا عند وصول الحزب العمالي إلى الحكم في سبتمبر من سنة 2007، حيث وافقت الحكومة الأسترالية الجديدة على البروتوكول بمجرّد تسلمها مقاليد الحكم.

● المجموعة المؤيدة للاتفاقية بحماس وفاعلية، ويتزعمها الاتحاد الأوروبي.

● مجموعة الدول المهددة مباشرة بارتفاع مستوى البحار، مثل هولندا وأرخبيلات المحيط الهادي، وهي الداعية إلى إجراءات أكثر فاعلية.

● مجموعة السبع والسبعين التي تضم أغلب الدول النامية، وترى أن متطلبات التنمية لديها أهمّ من القضايا البيئية التي كان العالم المصنّع سببا فيها، وتطالب بتعويضات في حال تطبيق بنود الاتفاقية عليها.

من مواقف مختلف المجموعات برزت خلافات عميقة حول طبيعة أسباب الاحترار، وبالتالي حول تحديد المسؤولين الرئيسيين عن ذلك. وكان المجتمعون في كل المؤتمرات بعيدين جدا عن الاتفاق بشأن الإجراءات التطبيقية لما قد يتفقون عليه. فالدول النامية ترى أن المطروح عليها أولا هو تحقيق تنمية اقتصادية واجتماعية في بلدانها، وبالتالي فإن تطبيق الإجراءات المقترحة من الدول الغنية يُعدّ تقييدا لأنشطتها الاقتصادية، وسيضيف إلى صناعاتها الناشئة وزراعتها المُجهدة أعباء جديدة. وتُصرّ هذه الدول على أن تَحُدّ الدول الغنية من انبعاثات الغازات في بلدانها أوّلا، خاصة أنها هي المتسبب الرئيسي في المشكلة، وتملك الوسائل المادية والفنية لذلك. وتتشبث هذه الدول النامية بكشف أسماء الدول الواردة بالمرفق باء من الاتفاقية بصفتها الدول المعنية بالتخفيض. كما أن العديد من الدول النامية النفطية، وخاصة المملكة العربية السعودية ودولة الكويت، قد ربطت موافقتها على الاتفاقية بشرط الحصول على مساعدات تقنية تمكّنها من تنويع اقتصادها، واعتبار تلك المساعدات ضمن بند التعويضات التي يُقرّها البروتوكول للدول التي تُخفّض من انبعاثاتها. كما تدعو هذه الدول إلى مقاومة الظاهرة بالبحث العلمي، حيث خصصت المملكة العربية السعودية في نوفمبر 2007 مبلغ 300 مليون دولار لتشجيع الدراسات العلمية في مجال الاحترار والتغيّرات المناخية، وانضمت كلٌّ من دولة الكويت، والإمارات العربية المتحدة، وقطر، إلى هذا التوجه برصد مبلغ 150 مليون دولار لكل منها، وبذلك تكوّنت نواة صندوق علمّي جديد قوامه 750 مليون دولار أمريكي، والأكيد أن هذا المبلغ سيرتفع بانضمام دول أخرى وخاصة من دول الخليج العربي.

في المقابل تنفرد الولايات المتحدة الأمريكية بموقف متشدد تجاه الدول النامية، وتدعو إلى تطبيق نفس الإجراءات على كل الدول بما فيها الفقيرة والساعية إلى التطوير. أي أنها ترفض تماما المرفق الثاني من الاتفاقية الذي حدّد الدول المعنية بالتخفيض والنسبة الخاصة بكل منها.

كما رفضت الولايات المتحدة مبدأ تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، واقترحت تثبيتها في المستوى الذي كانت عليه سنة 1990، خلال الفترة الممتدة بين سنتي 2008 و2012. وهذا المُقترح ينسف بروتوكول كيوتو من أساسه، لأن البروتوكول يدعو إلى التخفيض وليس إلى

التثبيت. ويُعدّ هذا الموقف الأمريكي تنكرا لمعاهدة قمة الأرض بريو دي جانيرو، وتراجعا عن التزامات الولايات المتحدة التي سبق أن وقّعت على اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ، التي اعتُمدت في نيويورك بالتحديد!

وتكرر الموقف الأمريكي نفسه عندما تراجعت إدارة الرئيس بوش، في فبراير 2001 عن التزامات الإدارة السابقة (إدارة الرئيس كلينتون) في كيوتو، وتخلت عن الاتفاقية، بحجة «أن بروتوكول كيوتو يستند إلى أساس علمي ضعيف، ولم يقيّد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في كل البلدان، وأن التخفيضات المطلوبة في الانبعاثات ستلحق ضررا باقتصاد الولايات المتحدة[1]. غير أن الرئيس جورج دبليو بوش أقرّ أخيرا، في يوليو 2005، بمسؤولية الأنشطة البشرية عن تفاقم الغازات الحابسة، لكنه واصل رفضه لسياسة الحصص التي أقرّها بروتوكول كيوتو، وأكّد أن الحلّ يكمن في تحسين التقنيات المستعملة في الإنتاج، وفي استهلاك الطاقة، وفي البحث العلمي عن مصادر جديدة للطاقة المتجددة وغير الملوّثة. وقد أكدّت إدارته هذا التوجه عندما عقدت في 25 يوليو 2005 اتفاقية مع أستراليا والهند والصين واليابان وكوريا الجنوبية، تهدف إلى تطوير التقنيات الحديثة الخاصة بمكافحة الغازات الحابسة للحرارة، وسُبل الحدّ من الانبعاثات، خارج إطار بروتوكول كيوتو.

وتُقدّم الولايات المتحدة حججا أخرى لعدم قبولها ببنود اتفاقية كيوتو نذكر منها:

● أنه ليس هناك إجماع علمي على أسباب الاحترار العالمي. وتستند الولايات المتحدة في هذا الرأي إلى العديد من العلماء [2] المعارضين لاتفاقية كيوتو، مثل إيان كلارك (Ian Clark)، الذي يُعيد الأسباب إلى النشاط الشمسي، وكلود أليجر (Claude Allegre)، وهو جيوفيزيائي يؤكد أن أسباب ارتفاع حرارة الأرض مازالت غير معروفة، وبالتالي فإن الأساس العلمي لاتفاقية كيوتو غير مقنع، وروبير فيفيان (Robert Vivian) المتخصص في علم الجليد القطبي، وعالم المناخ جيرالد ستانهيل (Gerald Stanhill)، وكلاهما يُشكّك في التفسير العلمي الذي اعتمده المؤيدون لاتفاقية كيوتو.

● أن اتفاقية كيوتو لم تُحدد حصصا للعديد من الدول النامية مثل الصين، والهند، والبرازيل، وإندونيسيا، والمكسيك، رغم أنها دول كثيفة النشاط، وكثيرة الانبعاثات، وشديدة التلويث، وستصبح من أوّل الملوّثين في السنوات القريبة القادمة.

● أن الاتفاقية لا تُلزم الدول النامية بشيء، وبالتالي فإن الاتفاق الجماعي جاء على حساب الدول الصناعية.

● أن الانبعاثات الصادرة في الولايات المتحدة معقولة ومفهومة لأنها، إذ تساهم بنسبة 23 في المائة من انبعاثات الغازات الحابسة، أوّل قوّة اقتصادية في العالم، وتُنتج 25 في المائة من المصنوعات والخدمات العالمية، إضافة إلى أنها أول منتج وأول مصدّر للمواد الزراعية والغذائية.

● أن الولايات المتحدة هي الدولة الثالثة في العالم من حيث المساحة، ومن حيث عدد السكان، وفيها أعلى مستوى عيش في العالم، وهي بالتالي قاطرة التقدّم العالمي.

● أنها ذات رقعة جغرافية شاسعة تتطلب شبكة مواصلات ضخمة، وبالتالي فهي تحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة لربط أقاليمها، وضمان حركة سكانها المعروفين بكثافة تنقلاتهم.

● أنها دولة ممتدة جدا طولا وعرضا، وتتعدد فيها المناخات، بين أقاليم أو فصول شديدة الحرارة وأخرى شديدة البرودة، تستوجب استعمالا مكثّفا لأجهزة تكييف الهواء في المساكن، وفي وحدات الإنتاج، ووسائل النقل.

● أن الولايات المتحدة هي أفضل دولة في العالم على مستوى إدارة الطاقة، إذ تُحقق أعلى مستويات الجدوى وأقل مستويات الهدر والفاقد.

أما الاتحاد الأوروبي واليابان، فرغم معارضتهما الشديدة للموقفين الأمريكي والصيني (متزعمة العالم النامي في هذا الموضوع)، فإنهما مختلفان كثيرا في الخطوات العملية المقترحة. فبينما اقترحت اليابان خفض الانبعاثات سنة 2010 بنسبة 5 في المائة عن مستوى سنة 1990، نجد أن الاتحاد الأوروبي قد أصرّ على ألا تقل النسبة عن 15 في المائة.

ولكن ما ميّز الموقف الأوروبي هو مفهوم النسبية الذي أدرجه في مقترحه، ومعناه أن نسب التخفيض يجب أن تكون متناسبة مع نسب الانبعاثات الحالية في كل دولة، ومع حدّ عالمي أقصى متفق عليه. وبهذا الحدّ المقترح في مارس 1997، تصبح ألمانيا، مثلا، ملزمة بخفض الانبعاثات بنسبة 25 في المائة، في حين يُسمح للبرتغال بزيادة ما يقارب 40 في المائة من انبعاثاتها الحالية لثاني أكسيد الكربون. وهذا الموقف الأوروبي يتماشى مع مصالح دول العالم النامي، التي ترى فيه نوعا من الإنصاف، باستثناء الصين، التي تُعدّ ثاني مصدر لانبعاثات الغازات الحابسة بعد الولايات المتحدة الأمريكية. كما يتميّز الاتحاد الأوروبي بدعوته إلى مواصلة العمل بالاتفاقية بعد انتهاء فترة الإلزام، أي بعد سنة 2012، في حين ترى العديد من القوى الأخرى أن مفعول الاتفاقية ينتهي بانقضاء الفترة 2008 - 2012، وهذا يعني العودة بالمناقشات من جديد إلى خانة الانطلاق مع نهاية سنة 2012.

عمليّا، يبلغ عدد الدول التي صادقت نهائيا على اتفاقية كيوتو 157 دولة من مجموع 192 دولة مستقلة، وفي الوقت الذي ننتظر فيه توقيع أو مصادقة جميع الدول المتبقية، أكّدت الولايات المتحدة الأمريكية من جديد رفضها النهائي للاتفاقية، وبذلك يعتبرها المختصون أكبر عائق أمام أي اتفاق عالمي بشأن الحدّ الفعلي من تلوّث الجوّ. وتتهم بعض الجهات المختصة، وفي مقدمتها جمعية «اتحاد العلماء المعنيين» (Union of Concerned Scientists) UCS، الولايات المتحدة، وبعض شركاتها النفطية الكبرى، وفي مقدمتها شركة إيكسون- موبيل، بمحاولة تضليل الرأي العام، ورشوة بعض العلماء، وتأسيس جمعيات مساندة لمواقفها،

والضغط على الإدارة الأمريكية، وغير ذلك. ويذكر موقع المنظمة [3] المذكورة (UCS) « أن شركة إيكسون- موبيل قد أنفقت خلال الفترة من 1998 إلى 2005 مبلغ 16 مليون دولار لتضليل الرأي العام، ولتمويل 43 منظمة تخدم أهدافها»، (UCS, 2007)، واتهمتها بأنها تستعمل نفس أسلوب شركات التبغ العالمية لتضليل الناس، والتظاهر بالتفسيرات العلمية المزيفة لحماية مصالحها الاقتصادية.

ولفهم مواقف بعض الأقطار أو المجموعات الدولية وخلفياتها، نعتقد أنه من اللازم توضيح المنطلقات العلمية التي دفعت الدوائر الدولية المختلفة إلى السعي نحو حلّ جماعي يشمل كل الكرة الأرضية، من خلال تعريف الغازات الحابسة للحرارة، وواقع التلوّث ومظاهره، والمساهمين فيه بشكل عام، عبر تحديد الأثر الإيكولوجي للبشر، أو بشكل محدد، من خلال مساهمة كل دولة ونصيب كل فرد فيها من الانبعاثات.

الضغط على الموارد البيئة

الغازات الملوّثة

في المرفق ألف من بروتوكول كيوتو، حدّد الحاضرون ستة غازات حابسة للحرارة أسموها «الغازات الدفيئة»، وهي ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، غاز الميثان (CH_2)، أكسيد الميتروز (N_2O)، المركّبات الكربونية الفلورية الهيدروجينية (HFCs)، المركّبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs)، وسادس فلوريد الكبريت (SF_6).

كما صنّف المرفق المذكور الأنشطة الاقتصادية الملوّثة في مجالات الطاقة، والصناعة، والنقل، والزراعة، والنفايات الصلبة والسائلة، وأساليب إدارتها، وخاصة عمليّات الحرق الملوّثة.

وبقراءة مفصلة لمحتوى هذا المرفق، سنلاحظ أنه لم يستثن تقريبا أي نشاط بشري، سواء عند عمليّات الإنتاج، أو الاستهلاك، أو من خلال سُبل التعامل مع الفضلات والنفايات. والواقع أن هذا الأمر طبيعي جدا، لأن تطوّر البشرية قد اعتمد، منذ ظهورها، على استغلال الإنسان لموارد بيئته الطبيعية، سواء في إنتاج غذائه، أو ملبسه، ومسكنه، وأدواته. كما أنه من الطبيعي أن تكون لكل نشاط بشري انعكاساته السلبية لأنه يتعامل مع المادة الموجودة في الطبيعة وفق حاجاته وليس وفق إمكاناتها. ولقد كان استغلال الإنسان لموارد بيئته، خلال أغلب مراحل التطوّر الحضاري الطويل، في تناسق مع قدرة الطبيعة على استيعاب أثر العمل البشري، وعلى تجديد مقوّمات مختلف النظم الإيكولوجية. «ولهذا التناسق أسباب عديدة، منها قلة عدد السكّان، وضعف تركّزهم، وتواضع حاجياتهم، وبساطة أدواتهم، وطبيعة أنماط أنشطتهم... أي ما يُمكن أن نُجمله في عبارة واحدة هي «ضُعف الضغط البشري على الموارد الطبيعية المتجددة»، حتى في أزهى فترات الحضارة الإنسانية لما قبل الثورتين العلمية والصناعية» [4].

ونتيجة التغيرات الكبيرة في حجم السكان، والتحولات العميقة في أنماط الإنتاج والاستهلاك، والتطوّرات العظيمة في أساليب وتقنيات استغلال الموارد الطبيعية السطحية والباطنية، تغيّرت علاقة الإنسان بالطبيعة تغيّرا جذريا. ولقد بدأت هذه التحوّلات بغرب أوروبا إبان الثورة الصناعية، ثم انتشرت تاليا في كل أقاليم العالم.

فعلى مستوى الأعداد، كان النصف الثاني من القرن العشرين، من دون جدال، فترة انفجار سكاني كبير، حيث ارتفع عدد السكان من 2.516 مليار نسمة سنة 1950، إلى 6.6 مليار في منتصف سنة 2007» [5]، أي بمعدل نموّ بلغ 1.7 في المائة سنويا خلال كامل الفترة. وتزامن تزايد الأعداد مع ارتفاع الكثافات السكانية في المساحات الحيوية، أي في المناطق الزراعية وفي الأقاليم الحضرية، فارتفعت نسبة الحضر، مثلا، من حوالي 30 في المائة من مجموع السكان سنة 1950 إلى 50 في المائة سنة 2007. وزيادة تركّز السكان في السهول والمدن تعني «ضغطا أشدّ على مجالات أضيق».

وبفضل التطوّر الحضاري الكبير الذي حققته البشرية منذ الثورة الصناعية عموما، ومنذ ما بعد الحرب العالمية الثانية بالخصوص، حدثت تطوّرات نوعيّة في نمط العيش، فتضاعف وتنوّع استهلاك المواد الطبيعية والصناعية عشرات المرّات. وبالضرورة زادت الانبعاثات الغازية، والنفايات الصلبة في مناطق الإنتاج والاستهلاك، وأصبحت المنازل بدورها مصدرا كبيرا للفضلات.

من هذا المنظور ظهر التلوّث، في الوقت ذاته، كنتيجة للتنمية، وكسبب لبوادر الأزمة البيئية، وكقضية تسعى المجموعة الدولية إلى معالجتها. فما هو التلوّث، وأين تتجلى أبرز انعكاساته البيئية التي جمّعت مختلف الأطراف الدولية حول بروتوكول كيوتو؟

يُمكن تعريف التلوّث بأنه «كلّ تغيّر كمّي أو نوعي في مكوّنات نظام بيئي مُعيّن، وعجز ذلك النظام عن استيعاب ذلك التغيّر أو عن التأقلم معه، ممّا يُحدث نوعا من الخلل في مجمل النظام البيئي أو في أحد عناصره» [6]. والمقصود بالتغيّر الكمّي هو ارتفاع أو تناقص نسب المكوّنات الأصلية للنظام، أو حدوث خلل في تفاعلها. أما التغيّر النوعي فينتج عن إضافة مكوّنات لم تكن موجودة في النظام المعني. وهذه المواد المضافة يمكن أن تَنتُج عن مصادر خارجية عن النظام البيئي، مثل إضافة المواد السامة للتربة (المبيدات)، أو الكيميائيات للماء، أو الجزيئات الحمضيّة والصلبة العالقة بالجوّ. كما يمكن للمواد الملوِّثة أن تنتج عن تفاعل المكوّنات الأصلية مع مواد مضافة، أو عن تفاعل المواد المضافة بعضها مع بعض. فتكوّن غاز الأوزون قرب سطح الأرض، أي الأوزون التروبوسفيري، يعود إلى تفاعل كيميائي بين عدة ملوّثات هي أكسيد النيتروجين والمُركّبات العضوية الطيّارة Volatile organic compounds (VOCs) والأشعة فوق البنفسجية.

ويرى المختصون أن التلوّث، بنوعيه المباشر والثانوي، قد بلغ حدّا تجاوز قدرة الأنظمة البيئية على استيعاب الملوّثات، ممّا أثّر في كل الأنظمة الحيوية المناخية والنباتية والحيوانية... غير أن كثيرا من العلماء يعتقدون أن انعكاسات التلوّث مازالت في بداياتها، وأنها ستتواصل على مدى فترات طويلة جدا، بحيث قد تخفي مفاجآت عديدة نجهلها حاليا.

لكن في واقعنا اليومي الراهن، نجد أن بعضا من القضايا البيئية قد طرح نفسه بإلحاح خلال العقدين الأخيرين مُشكّلا، في ذات الوقت، مبحثا علميا متجددا، وهاجسا حكوميّا وشعبيّا غامض الجوانب. ومن أشهر القضايا الشائكة مسألة ارتفاع المتوسط العام لحرارة الكرة الأرضية، أو ما سُمّي بالاحترار العالمي، الناتج عمّا يُسمى بالاحتباس الحراري، وسنأخذ هاتين الظاهرتين كمثالين يُبرزان ما آلت إليه الأوضاع البيئية حاضرا، وما يمكن أن تؤول إليه مستقبلا.

مثال الاحتباس الحراري

الاحتباس الحراري، ويسمى كذلك «مفعول البيت الزجاجي» (Green House Effect)، ظاهرة طبيعية وضرورية لوجود الحياة على كوكب الأرض، وهو السبب الرئيسي لاحتفاظ الأرض بالطاقة اللازمة لتفاعل ونموّ الكائنات التي تضمّها الأنظمة البيئية الأرضية المختلفة. ولذلك يجب حجز الطاقة القادمة من الشمس ضمن الغلاف الجوّي الأرضي، كأننا في بيت زجاجي. غير أن غلاف هذا البيت ليس من زجاج أو بلاستيك، بل من بخار الماء، والسحب، والغازات، والمواد الصلبة، والأملاح، والأحماض العالقة بالجوّ. ويؤكد المختصون أنه من دون عامل الاحتباس الحراري سينخفض متوسط حرارة الكرة الأرضية إلى حدود 20 درجة مئوية تحت الصفر، أي أن هذه الظاهرة هي التي تضمن ظروف بقاء الأنظمة الحيوية، وتجددها، وتطوّرها، وتفاعلها على سطح الكرة الأرضية، أي هي التي تضمن ظروف الحياة بصورة عامة.

إذن، المشكلة لا تكمن في ظاهرة الاحتباس الحراري، بل في ما حدث لها من تفاقم خطير نتيجة عوامل في معظمها بشرية، فالأنشطة البشرية المختلفة قد زادت كثيرا من انبعاث الغازات والمواد الحابسة للحرارة بحيث قلبت مفعول الاحتباس الحراري من ظاهرة إيجابية، تضمن الحياة، إلى عامل سلبي يهدّد الوجود، وفي مقدمة هذه الملوّثات نجد ثاني أكسيد الكربون الذي يسهم في هذه الظاهرة بنسبة 50 في المائة تقريبا. ويؤكد المختصون أن نسبة تركز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجوّ قد مرّت «من 0.028 في المائة منذ خمسين سنة مضت إلى 0.035 في المائة في يومنا هذا» [7]. كما مرّت كميّة الانبعاثات من 534 مليون طن متري سنويا في عام 1900، إلى 6.59مليار طن متري في سنة 1997» [8]، ثم إلى «27 مليار طن سنة 2005» [9]. وهكذا أصبحت نسبة تركّز ثاني أكسيد الكربون في الجوّ حاليا في حدود 370جزيئا في المليون (ppm) من حجم الهواء، بعد أن كان، خلال مئات القرون السابقة في حدود 290 جُزَيئا فقط. ويُعدّ «هذا أعلى تركز له خلال الـ 160 ألف سنة الأخيرة»[10].

من الغازات الحابسة المساهمة في تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري، يمكن أن نذكر مجموعة الكلوروفلوروكربون (CFCs)، التي تسهم في الظاهرة بنسبة 20 في المائة، وغاز الميثان وهو يسهم بنسبة 14 في المائة، وأوزون طبقة التربوسفير بنسبة 10 في المائة، وأكسيد النترات بنسبة 6 في المائة، إضافة إلى المواد الدقيقة العالقة بالجوّ.

وما زاد الوضع تعقيدا، هو أن عناصر الطبيعة القادرة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون، مثل الغابات والمحيطات، أصبحت بدورها في أزمة بيئية، لما تعرضت له من ضغط شديد، أو تدمير، أو تلويث. أي أن العالم المعاصر قد أوصل الأنظمة البيئية إلى خلل ثنائي التعقيد يتمثّل في تلويث متفاقم من ناحية، وعجز متزايد عن التعديل والموازنة من ناحية أخرى.

والنتيجة المباشرة لهذه الوضعية الجديدة هي زيادة متوسط حرارة الأرض وغلافها الجوي، أو ما سمّي بالاحترار العالمي.

مثال الاحترار العالمي : Global warming

هو عملية تواصل ارتفاع حرارة الأرض وغلافها الجوّي نتيجة تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري. ونظرا إلى أن هذا الارتفاع يحدث بصورة غير طبيعية، لم يعهدها الكوكب من قبل، فإن الاحترار يُعدّ أحد عناصر، وأحد مظاهر التغيّرات المناخية العامة التي تشهدها الأرض نتيجة العوامل البشرية. ففي النسخة الأولى لآخر تقرير أصدره الفريق الحكومي حول تغيّرات المناخ، في فبراير 2007، أكّد الخبراء أن متوسط حرارة الكرة الأرضية سيزيد في المتوسط ما بين 1.8 درجة و4 درجات مئوية خلال القرن الواحد والعشرين.

هذا الارتفاع غير الطبيعي لحرارة الأرض وغلافها الجوّي هو ما اصطلح على تسميته بالاحترار العالمي. ويرى أغلب العلماء أن هذه الظاهرة قد بدأت منذ الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر، لكنها اشتدت في أواخر القرن العشرين لعوامل رئيسية عديدة منها:

- تزايد الأنشطة الصناعية منذ بداية القرن العشرين بدرجة لم يسبق لها مثيل، سواء لتلبية الطلب الاستهلاكي المتزايد، أو لتوفير المستلزمات الضرورية للصراعات الدولية التي تجلّت بوضوح في الحربين العالميتين، وما تمّ بينهما من استعدادات، وما حدث بعدهما من حروب باردة أو مسلّحة. وللتذكير، نشير إلى أن القرن العشرين هو الذي شهد ظهور وانتشار السيارة، والطائرة، والسفينة العملاقة، والدبابة، والصاروخ، والمكيفات، والاستعمال المكثّف لمصادر الطاقة الأحفورية، والآلات والتجهيزات العظيمة، و غير ذلك.
- تطوّر كبير وسريع للتكنولوجيا الضّارة بالبيئة، والمتمثلة في هذا التنوّع الرهيب للآلات، والأدوات، والتجهيزات، و وسائل النقل المختلفة الأرضية والجويّة.
- تطوّر قدرة الإنسان، بما صنعه من معدّات، على الغوص في أعماق الأرض والمحيطات، بحثا عن المعادن، ومصادر الطاقة، والمياه.

● ارتفاع مستوى عيش البشرية إجمالا، وتزايد الاستهلاك للموارد الطبيعية السطحية، والباطنية، والمحاصيل الزراعية، والمواد المصنعة على السواء.

● ارتفاع متوسط عمر الإنسان إلى ما يزيد على ثمانين سنة حاليا، أي أن إنسان اليوم يعيش ضِعف ما كان يعيشه أسلافه، (يُقدّر العمر المرتقب عند الولادة لدى الشعوب البدائية وشديدة التخلّف بخمس وثلاثين سنة)، وغير ذلك من العوامل التي زادت من الضغط على الموارد الطبيعية، ولهذا الضغط ثنائي الأبعاد أهمية بالغة في التحليل وفي اتخاذ المواقف.

● شدّة التفاوت الاجتماعي في العالم، وما نتج عنها من زيادة ضغط الأغنياء على الموارد العالمية بالاستهلاك المفرط، وزيادة ضغط الفقراء على موارد بيئاتهم المحليّة بالاستغلال المباشر. ولقد زاد هذا التفاوت الاجتماعي في العالم من حدة الإجهاد البيئي، ذلك أن من يستهلك كثيرا يستنزف موارد مناطق قد تبتعد عن مكان إقامته آلاف الأميال، ومن لا يملك مقوّمات الاستهلاك، بمعيار السوق، قد يستغل موارد بيئته المحليّة بشكل جائر يفضي بها إلى التدهور. فإذا كان الغني يستنزف النفط والغاز مثلا، فإن الفقير يستنزف أخشاب محيطه الطبيعي، وبالتالي يصبح التفاوت الاجتماعي، على المستويين العالمي والمحلي، عاملا إضافيا من عوامل الضغط على الموارد العالمية. المترفون يستنزفون الموارد عبر السوق، والمعدمون يستنزفونها مباشرة من الطبيعة.

● مفعول التراكم، والمقصود به هو تراكم الملوّثات المنتجة في فترات سابقة، وبقاؤها كامنة في كل الأنظمة البيئية من دون أن تكون بارزة أو ذات مفعول مباشر. وهذا يعني أن الملوّثات التي تنبعث حاليا تُضاف إلى الكميّات التي انبعثت في فترات سابقة، ولم ندرك وجودها وأثرها إلا عندما عجزت الأنظمة البيئية عن استيعابها، أي بعد اندلاع الأزمة البيئية.

الانعكاسات البيئية

كثرت الدراسات بشأن المضاعفات المحتملة للاحترار العالمي على المناخ العام للكرة الأرضية، وعلى مختلف الأنظمة البيئية الحيوية. والحقيقة أن الاستنتاجات العلمية تبدو متنوعة، ومختلفة أحيانا، خصوصا عند الحديث عن المضاعفات المحتملة على مدى طويل. أما على المدى القصير، فهناك شبه إجماع علمي على أن بوادر تغيّرات خطيرة قد بدأت تتجلى في الطبيعة، ومن أكثرها وضوحا:

● ذوبان الكتل الجليدية في كل من القطب الشمالي، وجزيرة جروينلند، والمحيط المتجمّد الجنوبي. فلقد أعلن «معهد ألفريد فيجنر»، في تقريره لسنة 2007، أن الكتل الجليدية العائمة بالقطب الشمالي قد تقلّصت في حجمها وامتدادها إلى نصف ما كانت عليه سنة 2001. وتؤكد رئيسة البعثة العلمية لمعهد ألفريد فيجنر إلى القطب الشمالي، أنه من المحتمل أن ينعدم الجليد القطبي خلال فصل الصيف في حدود خمسين سنة قادمة. أما في القطب الجنوبي فإن وكالة الفضاء الأمريكية قد أعلنت أنها قد سجّلت خلال سنة 2005، ظهور تشققات في كتلة جليدية بحجم مساحة ولاية كاليفورنيا.

وعلى الرغم من أن هذه التشققات لم تدم طويلا، ولم تسبب انهيارات جليدية في مياه المحيط، فإنها تُنذر ببداية عملية ذوبان قد ترفع مستوى البحر بدرجة كبيرة.

● في حالة تأكد التوقعات العلمية بشأن ذوبان ما يربو على 98 في المائة من الكتل الجليدية في نهايات القرن الواحد والعشرين، يتوقّع العلماء أن يرتفع مستوى البحر بحوالي نصف متر بحلول سنة 2100، وذلك بين احتمال أدنى يبلغ 9 سنتيمترات، واحتمال أقصى يبلغ 88 سنتيمترا. لكن هذا الارتفاع لن يحدث بسبب ذوبان أجزاء من الكتل الجليدية فقط، بل بما سيحصل من انخفاض في كثافة الماء وتوسّع حجمه بفعل التمدّد الحراري. وأهم انعكاسات ارتفاع مستوى سطح البحار والمحيطات هو انغمار مساحات كبيرة من الأراضي الساحلية المأهولة والمزروعة تحت مياه البحر (الشكل 2: خريطة المناطق المهددة). علما أن أغلب سكان الأرض يتركزون، مع أنشطتهم الزراعية والصناعية قرب السواحل وعلى الدالات الفيضية. كما سيزيد هذا الارتفاع من شدّة عمليات النحت والانجراف بالسواحل، ومن ظاهرة تملّح المياه الجوفية.

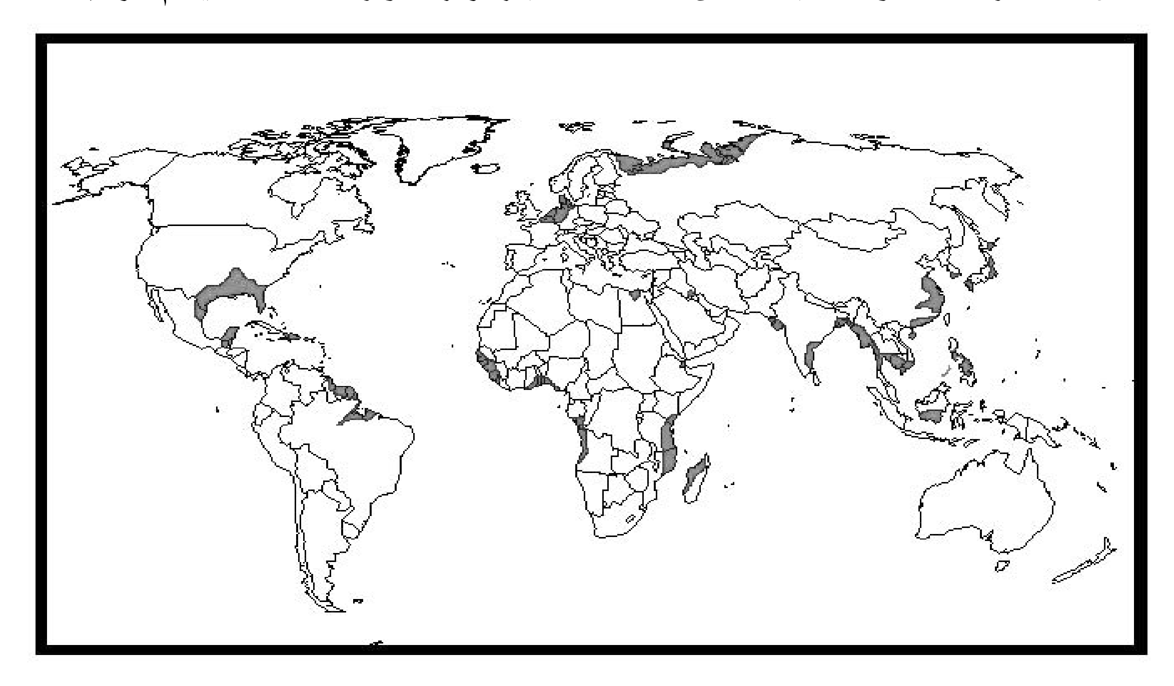
● تزايد عدد الأعاصير القوية من الدرجتين 4 و5 على مقياس سفير - سمبسون، حيث لاحظ علماء من معهد جورجيا التكنولوجي، ومن المركز الوطني الأمريكي للأبحاث الفضائية، أن نسبة هذا الصنف من الأعاصير المدمّرة قد تضاعفت منذ سنة 1970، مقارنة بنسبتها خلال السنوات الخمس والثلاثين الأخيرة، مع حدوث أغلبها بالمحيطين الهادي والهندي. وفي علاقة هذه الظاهرة بالاحترار العالمي، يضيف الفريق العلمي نفسه، أن حرارة مياه المحيطات قد زادت، خلال الفترة من 1970 إلى 2004، بنصف درجة مئوية، علما أن حدوث الأعاصير مرتبط بارتفاع حرارة المياه السطحية إلى 26.5 درجة مئوية، وبعمق 60 مترا على الأقل. وتتزامن عملية اشتداد حدّة الأعاصير المدارية مع اضطراب كبير في الأنظمة المطرية، واختلال في توزّعها الجغرافي الحالي، إذ يُتوقع زيادة الأمطار في النصف الشمالي للكرة الأرضية، مقابل تفاقم ظاهرة الجفاف في حدّتها، وفي امتدادها الجغرافي بالنصف الجنوبي. ومن شأن هذا الواقع الجديد أن يعيد رسم خريطة موارد المياه المتجددة في العالم، وما قد ينجرّ عن ذلك من أزمات، وهجرات، وتوترات.

● انتشار الأمراض المنقولة عن طريق الحشرات وتوسع رقعتها الجغرافية أفقيا ورأسيا، مثل الملاريا والحمى الصفراء، إذ يمكن للحشرات الناقلة أن تصبح قادرة على الوصول إلى مناطق كانت أقل حرارة، أو إلى ارتفاعات أعلى مما كانت تصل إليه في درجات حرارة أقل. كما يمكن أن ترتفع نسب الأمراض المرتبطة بالحرارة.

● اضطراب نمط حياة الكائنات الحيّة في سعيها إلى التأقلم مع التغيرات المناخية، حيث إن كثيرا من الأحياء التي لا تقاوم الحرارة المرتفعة ستنقرض، أو تهاجر إلى عروض أعلى. ولقد شملت محاولات التأقلم مختلف الأنظمة الحيوية النباتية والحيوانية، حيث لاحظ العلماء

أن كثيرا من الطيور قد بكّرت، أو أخّرت عمليات هجراتها الموسمية، وبعض النباتات قد أزهرت، أو أثمرت، قبل أو بعد مواعيدها. وفي هذا المجال، يؤكد الفريق العلمي للدكتور مانزل (Dr. Menzel)، أن «النباتات المُزهرة في أمريكا الشمالية وأوروبا، قد بكّرت في الإزهار بمتوسط 3.8 يوم كل عشر سنوات، خلال السنوات الخمسين الأخيرة» [11].

● حدوث حركة هجرة للسكان، فلقد بيّنت الدراسات أن عُشر السكان تقريبا، يقيمون في مناطق ساحلية منخفضة مهددة بالغمر، وخاصة بجنوبي شرق آسيا. ويقدّر البنك الدولي «أن 25 مليون شخص شُرّدوا في عام 1998 نتيجة للتدهور البيئي، بحيث فاق عددهم لأول مرّة في التاريخ عدد اللاجئين لأسباب تتعلّق بالحروب» [12]. وحديثا، حدّدت دراسة نشرتها مجلة «البيئة والتعمير» (Environment and Urbanization) في أبريل من سنة 2007، بأن الدول العشر الأولى المهددة هي على التوالي الصين، والهند، وبنغلاديش، وفيتنام، وإندونيسيا، واليابان، ومصر، والولايات المتحدة الأمريكية، وتايلاند، والفلبين. أما الدول التي يقيم أغلب سكانها بمناطق مهددة فهي بالخصوص، جزر البهاما، سورينام، هولندا، بنغلاديش، جيبوتي، مصر، وغامبيا. وتضيف الدراسة أن العديد من المدن المليونية يقع في هذه المناطق المنخفضة المهددة، (الشكل 2)، كما أن دول العالم النامي هي الأكثر عرضة للمخاطر، لأن 21 في المائة من سكانها الحضر يقيمون في أراض يقل ارتفاعها عن عشرة أمتار من المستوى الحالي للبحر. وسيؤدي خطر غمر المناطق الزراعية، والمدن الساحلية إلى حدوث تيارات هجرية كثيفة داخل الأقطار المعنية، و فيما بينها، من شأنها أن تفجّر توترات وأزمات لا أحد يعلم عواقبها.



الشكل (2): خريطة المناطق المهددة بالغمر البحري

طرق القياس وتحديد المسؤوليات

لقد أثبت العلماء أن مناخ الكرة الأرضية قد مرّ، خلال الأحقاب السحيقة الماضية، بفترات متفاوتة جدا في حرارتها، ما بين حارة وأخرى باردة، وتعيش الأرض منذ حوالي عشرة آلاف سنة في حقبة حارة لأسباب طبيعية بحتة، وهو ما يجعل ارتفاع حرارة الجوّ الأرضي مسألة طبيعية. لكن ما هو غير طبيعي، هو أن نسق ارتفاع الحرارة قد تسارع في العقود الأخيرة بعوامل بشرية. ففي تقريره لسنة 2007، يؤكد الفريق الحكومي حول التغيّرات المناخية، أن نسبة التأكد من مسؤولية الإنسان عن زيادة الغازات الحابسة قد ارتفعت إلى 90% حاليّا، مقابل 60% فقط سنة 2001، وهذا الاستنتاج العلمي يزيل كثيرا من الشّك حول أسباب هذه الظاهرة، ويستبعد كثيرا من الفرضيات الأخرى، وخاصة تلك التي تحاول أن تُعيد الظاهرةَ إلى عوامل طبيعية. ولتحديد مسؤوليات الأطراف الفاعلة عالميا، استنبط العلماء العديد من طرق القياس، ومن المؤشرات التي تُبرز مدى ضغط كل مجموعة بشرية على مواردها المحلية، أو على الموارد العالمية، بصورة تُحدّد مدى مساهمة كل دولة في عمليّات التلويث، وفي انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة. ومن أهم المقاييس نذكر مقياس الأثر الإيكولوجي (أو الأثر البيئي) للإنسان في قطعة الأرض التي يعيش عليها، ومقياس نصيب الفرد الواحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، باعتباره أهم غاز حابس للحرارة في الجوّ الأرضي.

مقياس الأثر الإيكولوجي Ecological footprint

تعرّف دوائر الأمم المتحدة مؤشر الأثر الإيكولوجي بأنه دليل «يقدّر استهلاك السكان من الغذاء، والمواد، والطاقة، من حيث مساحة الأرض المنتجة بيولوجيا، أو البحار اللازمة لإنتاج تلك الموارد الطبيعية أو، في حالة الطاقة، المساحة اللازمة لاستيعاب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المقابلة. ويجري القياس بـ «وحدات مساحية». والوحدة المساحية تعادل هكتارا من متوسط الإنتاجية العالمية»[13].

تنطلق الفكرة الأساسية لهذا المقياس من حقيقة أن الإنسان لا يستطيع أن يستهلك أكثر ممّا تعطيه الأرض، وبالتالي سيكون أثره هو المساحة التي تحتاج إليها الأرض لتلبية حاجياته وطلباته، أي أن مؤشر الأثر الإيكولوجي سيقيس درجة استهلاك كل مجموعة بشرية لمواردها الطبيعية مقارنة بما يتوافر لها من تلك الموارد في اليابس والبحر، على أساس وحدة مساحية يُعبّر عنها بالهكتار.

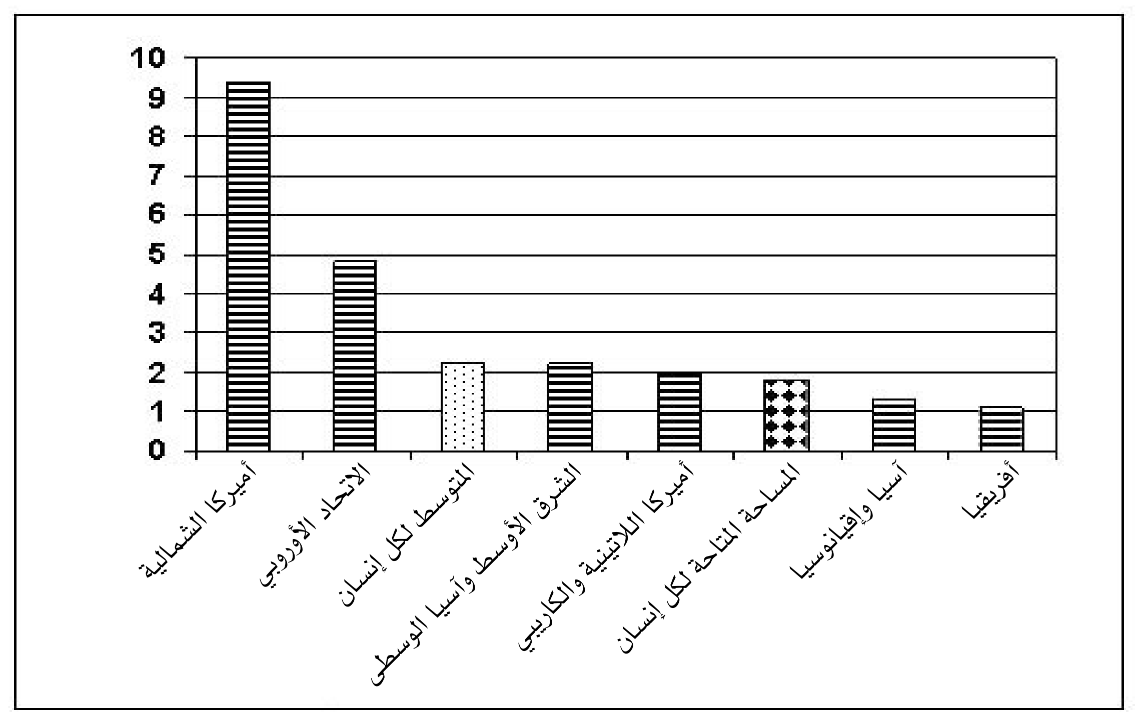
ولقد ظهر هذا المصطلح لأول مرّة في بحث علمّي نشر في سنة 1992من قبل العالم وليام ريس (William Rees) من جامعة كولومبيا البريطانية. ولكن انتشار المصطلح عالميا تحقق بعد صدور كتاب «أثرنا الإيكولوجي» (Our Ecological Footprint) سنة 1995، الذي اشترك في تأليفه وليام ريس مع أحد روّاد علم البيئة، هو «ماثيس واكر ناجل» (Matis Wackernagel) [14].

«ونظرا إلى أن هذا الأثر يتحدد بنمط العيش، وبمستوى الاستهلاك وبعدد السكّان، فستظهر في العالم مناطق تحقق فائضا إيكولوجيا، إذا كانت القدرة البيولوجية فيها أكبر من

مساحة الأثر الإيكولوجي، وأخرى تحقق عجزا إيكولوجيا، إذا كانت فيها مساحة الأثر أكبر من مساحة القدرة البيولوجية»[15].

وباعتبار أن عدد سكان الأرض في منتصف سنة 2007 قد كان 6.4 مليار نسمة، فإنه، من الناحية النظرية، سيتوافر لكل إنسان على سطح الأرض حاليّا ما يُقارب ثمانية هكتارات. وإذا استثنينا منها المحيطات، والبحار، والصحاري، والمناطق الجليدية، وكل المساحات غير المنتجة، فستبقى لكل كائن حيّ مساحةٌ تقلّ عن هكتارين. ولو تركنا ربع هذه المساحة للكائنات الأخرى، فسيبقى هكتار ونصف الهكتار لكل إنسان، في حين كانت تلك المساحة سنة 1961 في حدود 3 هكتارات ونصف الهكتار، أي أكثر من ضعف المساحة المتاحة حاليّا. وهذا يعني أننا في الستينيات من القرن العشرين كنّا نستعمل 49% من المساحة المتاحة، وأصبحنا في أوائل القرن الواحد والعشرين نستعمل 125% منها[16]، أي بعجز في القدرة البيولوجية يبلغ 25%. أي أننا نحتاج إلى أرض وربع كي نواصل نمط حياتنا الحالي. فمن أين نأتي بربع إضافي للكرة الأرضية؟

لكن من المهم أن نشير إلى أن هذا الضغط الشديد للبشرية على القدرة البيولوجية للأرض، يتفاوت كثيرا بين المجتمعات، لأن درجة الضغط على الموارد تختلف من مجتمع إلى آخر وفق ما يقتضيه نمطا العيش والاستهلاك. فنجد مجتمعات تستنزف الموارد بشدة، أي بدرجة تتجاوز إمكاناتها الطبيعية، فتتعدى، ولو نظريا، على نصيب غيرها من المجتمعات.



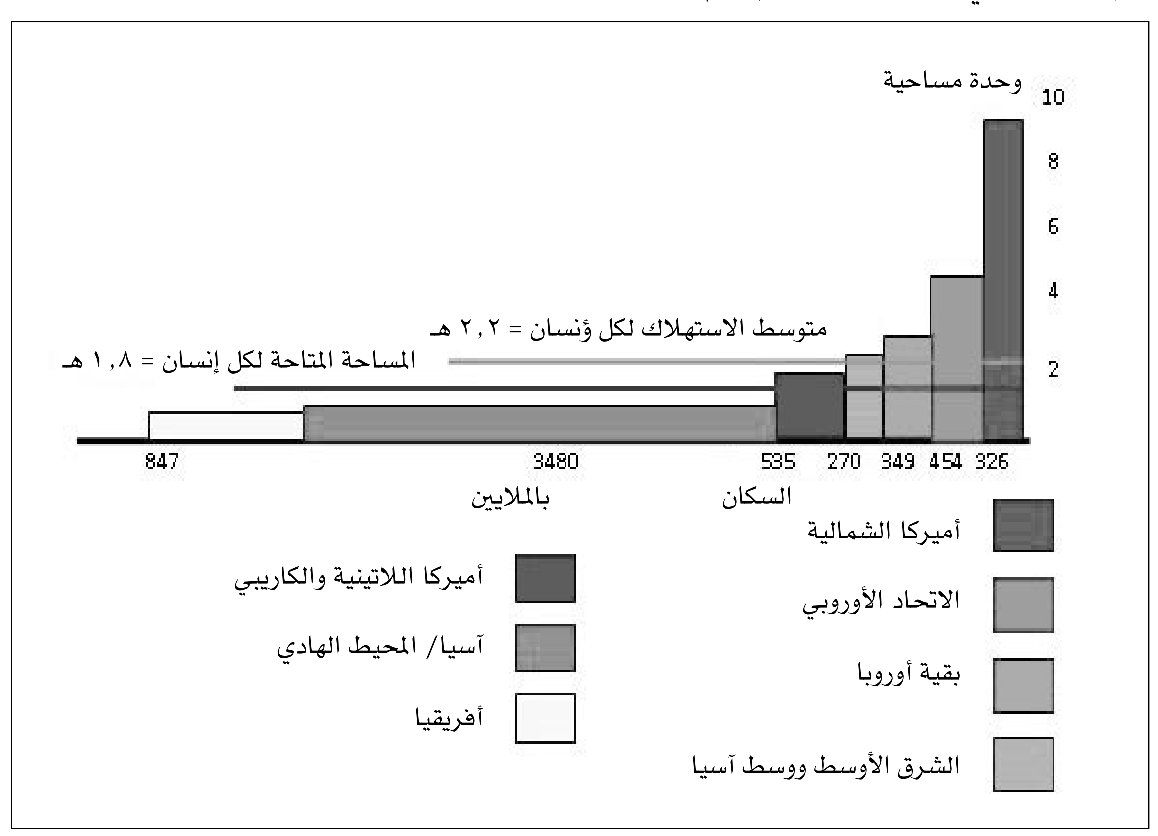
الشكل (3) **تفاوت الأثر الإيكولوجي بين الأقاليم العالمية الكبرى سنة** 2003.

مصدر البيانات الإحصائية: Living Planet Report, 2006, PDF, 44 pages.

ويبيّن الشكل (3)، الذي يعتمد سلمّا إقليميا، أن المجتمعات الغنية بأمريكا الشمالية، وبالاتحاد الأوروبي، تتجاوز متوسط المساحة المتاحة لكل إنسان بأضعاف المرّات. كما تحدث الظاهرة نفسها على مستوى الدول المتقدمة مثل الولايات المتحدة، واليابان، وأغلب الدول الأوروبية.

وخلال القرنين الماضيين، تميّز الإنسان الأمريكي بضغطه الرهيب على موارده المحلية والموارد العالمية على السواء، وتفرّد، من خلال الشكل السابق، باستهلاكه لمساحة بيولوجية تجاوزت خمسة أضعاف متوسط المساحة المستهلكة للفرد الواحد على المستوى العالمي، كما يبلغ الأثر الإيكولوجي لمواطني الولايات المتحدة الأمريكية 9.6 هكتار للفرد، أي بما يزيد على المساحة المتاحة لكل إنسان على الكرة الأرضية البالغة 1.8 هكتار، بأكثر من 5.3 مرّة.

وللمقارنة بين الدول أو الأقاليم على مستوى الأثر الإيكولوجي، يستعمل المختصون رسما بيانيا يأخذ في الاعتبار عدد السكان ومقدار ضغطهم على الموارد، فيظهر الأثر الإيكولوجي في المحور الرأسي على شكل وحدات مساحية بالهكتارات المُستهلكة للفرد الواحد، ويظهر عدد السكان على المحور الأفقي بالمليون. وتُمثّل مساحة المستطيل الناتج عنهما المساحة البيولوجية الإجمالية التي استهلكها هذا الإقليم أو ذاك.



الشكل (4): الأثر الإيكولوجي وفق الأقاليم الكبرى سنة 2003.

المصدر: بالقاسم المختار، مرجع سابق، ص ١٥٧

وتُبرز المقارنة بين المساحات المُستهلكة في كل إقليم، أن مشكلة الضغط على الموارد لا تكمن في عدد السكان فقط، بل ترتبط بارتفاع الاستهلاك وبالمستوى الاقتصادي للمجتمعات. ففي الرسم السابق، نلاحظ أن مساحة المستطيل الخاص بآسيا لا تختلف كثيرا عن مساحة المستطيل الخاص بأمريكا الشمالية، رغم الفرق الشاسع في عدد السكان بينهما. وبالتالي، يظهر جليّا أن أثر أمريكا الشمالية غير متناسق إطلاقا مع حجمها السكاني، بفعل ارتفاع المساحة المستهلكة من قبل كلّ فرد. وكذلك الأمر بالنسبة إلى دول غرب أوروبا. أما تواضع مستويات العيش، فقد جعل الأثر الإيكولوجي لمليارات البشر بآسيا، مثلا، في نفس مقدار أثر بعض مئات من الملايين بالعالم المتقدم. أي أن أثر 3.4 مليارات نسمة بآسيا يكاد يتساوى بأثر 233 مليونا بأمريكا الشمالية.

وهذا الواقع يعني، في الأساس، أن الدول المتقدمة تعيش بنسبة كبيرة جدا على خيرات شعوب ومناطق أقل تقدما، أي أنها تعوّض عجزها الإيكولوجي المحلي بالاعتداء على الفائض الإيكولوجي للمناطق الأخرى.

وفي البحث عن العوامل المحددة لمثل هذا الأثر البشري في البيئة الطبيعية، نجد علاقات متشابكة بين عدة عوامل، فهناك علاقات على مستوى أنماط وطرق استغلال الأرض ومواردها، وأخرى على مستوى نتائج ذلك الاستغلال. ونعتقد أن تحديد مستوى العلاقة مهم جدا لتحديد المسؤولين المباشرين، ولفهم مواقف مختلف الأطراف، ولضبط طرق العلاج في آن واحد.

ويُجمع المختصون على أن الأثر البشري في البيئة هو نتاج ثلاثة عوامل هي حجم السكان، ومستوى استهلاكهم للموارد، ودرجة استعمالهم للتكنولوجيا المدمرة للموارد الطبيعية. ورغم اختلاف درجة تأثير كل عامل باختلاف المجتمعات، فإن العوامل الثلاثة تتفاعل وتتكامل في تحديد الأثر البشري إجمالا. ففي دولة نامية كثيرة السكان يكون الاستهلاك الفردي ضعيفا، لكن الأثر الإجمالي كبير. أما في دولة غنية وقليلة السكان، فإن عامل الاستهلاك الفردي المرتفع هو الذي سيحدّد الأثر البشري المرتفع. والواضح، أن كل عامل يؤثر في العاملين الآخرين، بحيث تتشابك التفاعلات الممكنة بينها إلى درجة الغموض. لكن هذا لا يمنع من القول إن تحديد العامل الرئيسي (عدد السكان، أو حجم الاستهلاك، أو درجة استعمال التكنولوجيا المدمّرة، أو اثنين منها، أو ثلاثتها)، سيمكّن من التمييز بين أثر الأغنى وأثر الأفقر من سكان العالم. وعموما، يكون دور عاملي الاستهلاك والتكنولوجيا أعلى كثيرا في الدول المتقدمة من أثر عامل عدد السكان في الدول النامية. وهذا هو واقع الأشياء، فلا سبيل للمقارنة بين درجة ضغط الفقراء على الموارد بدرجة ضغط الدول الغنية وأفرادها، سواء في مستوى استهلاك المياه، والطاقة، والغذاء، والمعادن، والتلويث وغيرها.

كما أن الأثر البشري في البيئة لا يتحدد بهذه العوامل الثلاثة فقط، بل تتدخل فيه عديد العوامل الأخرى، وأهمها الفروق الشاسعة بين الدول، والتفاوت الاجتماعي، وطبيعة النظام الاقتصادي، وشروط المبادلات العالمية. أي أن هذا الأثر سيتحدد في كل دولة بعوامل داخلية ذاتية تنبع من واقعها السكاني والاجتماعي والاقتصادي، وأخرى خارجية تفرضها مكانتها في الاقتصاد العالمي.

هكذا نجد الدول الجالسة في مختلف المؤتمرات، والساعية إلى اتفاقيات حول هذه القضايا، على طرفي نقيض، سواء في مسؤوليتها عن تدهور الوضع البيئي، أو في المصالح، أو في تحمّل التبعات، وبالتالي ستختلف جذريا في الحلول التي تقترحها، والمواقف التي تتخذها.

مقياس نصيب الفرد الواحد من الانبعاثات

يتمثل هذا المقياس في قسمة الكميّة السنوية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في دولة ما على عدد سكان تلك الدولة، أي أن مساهمة كل فرد في تلك الانبعاثات تُحسَب، مُعَبّرا عنها بالأطنان. وتهدف هذه الطريقة في حساب الانبعاثات إلى تجنّب مفعول الحجم السكاني على الكميّات المنبعثة عند تقييم مسؤولية كلّ دولة. ففي بعض الدول الغنية وقليلة السكان، دولة قطر مثلا، تكون الكميّة الإجمالية للانبعاثات بسيطة عند مقارنتها بمجل الانبعاثات الغازية لدولة ضخمة السكان كالصين، لكن عند تقسيم الكميّة على عدد السكان في كل منهما قد يتضح أن تلك الدولة الصغيرة أكثر تلويثا من الدولة الكبيرة. وهكذا يصبح نصيب الفرد الواحد من الانبعاثات السنوية للغازات الحابسة أفضل مقياس للتمييز بين الدول في هذا المجال.

وتؤكد البيانات الإحصائية المتوافرة، إلى أن الدول الغنية هي المساهم الرئيسي في انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة، فالدول الأكثر تقدّما تسهم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بما يقارب النصف [17]، بينما لا يمثل سكانها غير 15.3 في المائة من مجموع سكان العالم. وفي هذه الدول، تتجاوز كميّة ثاني أكسيد الكربون، في المتوسط، 13.1 طن للفرد الواحد في السنة، مع وجود فوارق كبيرة بينها، إذ تُقارب الكميّة 20 طنا بالولايات المتحدة، و18 طنا للفرد بأستراليا، وبعض الدول الأخرى، مقابل متوسط عالمي يبلغ 3.7 طن للفرد الواحد في السنة[18]. أما الدول الفقيرة، أو التي يصنّفها البنك الدولي كدول الدخل الضعيف، فإنها لا تسهم في تلك الانبعاثات بغير 7.6 في المائة، رغم أن نسبة سكانها تقارب 37 في المائة.

يظهر بوضوح إذن، أن الأغنى هم الأكثر تلويثا «والطفل الذي يولد اليوم في بلد من البلدان المصنعة سيضيف إلى الاستهلاك والتلوّث على مدى حياته أكثر مما يضيفه من 30 إلى 50 طفلا من الأطفال الذين يولدون في البلدان النامية. والأثر الإيكولوجي لميسوري الحال أعمق بكثير من الأثر الإيكولوجي للفقراء»[19].

ويبرز الفرد الأمريكي كأكبر ملوّث في العالم، إذ تبلغ مساهمته السنوية في انبعاث ثاني أكسيد الكربون ما يُقارب عشرين طنا، أي أنه يُسهم بما يتجاوز خمسة أضعاف متوسط الكميّة الفردية في العالم، وضِعف مساهمة الفرد الياباني، أو الروسي، أو النرويجي، وما يربو على سبعة أضعاف مساهمة الفرد الصيني.

والملاحظ أن هناك علاقة ظاهرية بين المستوى الاقتصادي وعملية التلويث، غير أنه من الأكيد أن مستوى الدخل العام، أو الدخل الفردي ليس العنصر المحدد الوحيد للمساهمة في انبعاثات الغازات الملوثة، بل نجد أن المناخ السائد، والمستوى التقني للمؤسسات المستهلكة للطاقة، ونوع الوقود، وطبيعة الاقتصاد، هي أيضا عوامل رئيسية في تحديد مستوى التلويث، فالصين تنضّم إلى كبرى الدول الملوّثة بحكم كثرة استعمالها للفحم والسخام بالمصانع والمنازل. والدول النفطية شديدة الانبعاثات بحكم اعتمادها على الأنشطة الاستخراجية المستهلكة للطاقة، فيرتفع نصيب الفرد الواحد سنويا في دولة قطر إلى 63.1 طن، وفي الإمارات العربية المتحدة إلى 33.6 طن، وفي البحرين والكويت إلى 31 طنا...وهكذا في بقية الدول النفطية الصغيرة. ورغم أن الكمية الإجمالية للانبعاثات لا تجعل هذه الدول دولا ملوّثة جدا حيث لا تصل نسب مساهمتها في مجمل الانبعاثات في العالم، في أسوأ الحالات، إلى 0.5 في المائة، فإنها تصبح من الملوّثين الكبار عند اعتماد مساهمة الفرد الواحد.

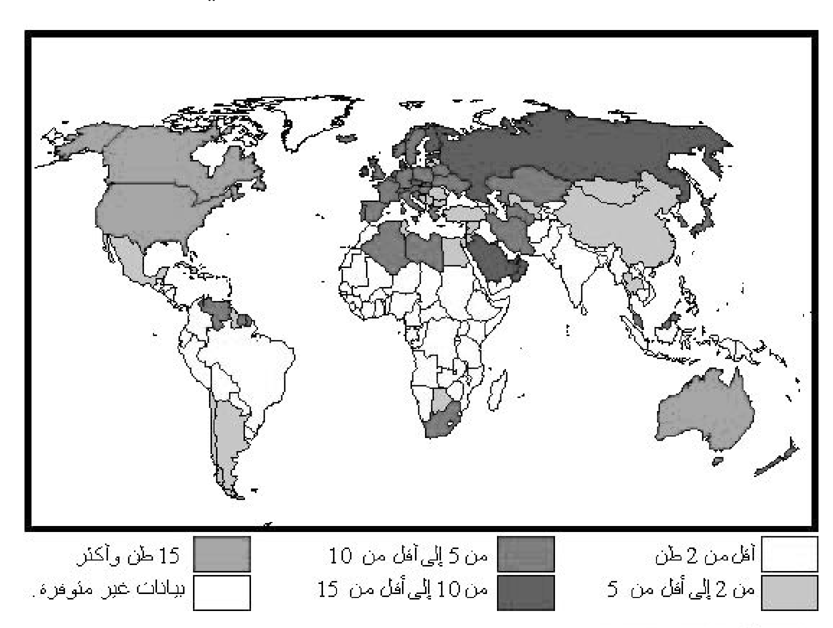
وتبرز خريطة متوسطات نصيب الفرد الواحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنة 2003، (الشكل 5)، أن المستويات الخطيرة للانبعاثات توجد في سنغافورة، والولايات المتحدة الأمريكية، وكندا، وأستراليا، ونيوزيلندا، والمملكة العربية السعودية، والاتحاد الروسي، وجمهورية التشيك. وفي هذه الدول جميعها تقارب المتوسطات، أو تتجاوز 15 طنا للفرد الواحد سنويا، أي أربعة أضعاف المتوسط العالمي، بل أحيانا خمسة أضعافه. وتزداد خطورة مستويات الانبعاثات في هذه الدول بارتفاعها المتواصل من سنة إلى أخرى، فكل المتوسطات تقريبا قد زادت في سنة 2003 عمّا كانت عليه سنة 1990، باستثناء تحسن طفيف في كل من كندا والاتحاد الروسي وجمهورية التشيك.

نلاحظ كذلك وجود مستويات مرتفعة في كل من أوروبا، وآسيا الوسطى، وبعض الدول النفطية، بأفريقيا وآسيا، كالجزائر وليبيا وإيران وكازاخستان، حيث تتراوح المتوسطات بين 5 و 10أطنان للفرد الواحد، أي من ضعف إلى ثلاثة أضعاف المتوسط العالمي.

أما في أفريقيا، فإن المتوسطات السنوية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون كانت دون المتوسط العالمي البالغ 3.7 طن للفرد الواحد سنة 2003، بل أنها تظهر بسيطة جدا، وتقل عن 2 طن للفرد في أغلب دول أفريقيا جنوب الصحراء. وكذلك الأمر في أمريكا اللاتينية ومنطقة الكاريبي، باستثناء فنزويلا. ونجد المستويات نفسها تقريبا بدول جنوبي وشرقي آسيا، باستثناء

اليابان وماليزيا وإيران والأراضي الفلسطينية المحتلة، حيث تكون المتوسطات أعلى من ذلك.

(الوحدة: طن للفرد الواحد سنويا. المتوسط العالمي = 3.7 طن سنويا)



الخريطة من إنجاز الباحث.
مصدر البيانات الإحصائية: UNDP, Human Development Report, 2006.Table 21

الشكل (5): تفاوت نصيب الفرد الواحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في العالم سنة 2003.

خاتمة:

لقد شكّل التفاوت الكبير في المساهمة في التلويث خلفية كل الأطراف الحاضرة في كيوتو، وولّد اختلافا كبيرا في تحليل الوضع واتخاذ المواقف، فلم يكن الاتفاق سهلا، ولا نهائيا. ونعتقد أن الخريطة السابقة تعكس إلى حد كبير كل التكتلات الدولية التي تشكلت قُبيل وخلال مؤتمر كيوتو، وما زالت تتصارع بعده.

لكن بغض النظر عن المواقف، والتوقيعات، والمصادقات، نجد أن أغلب دول العالم تواصل سلوكها الإنتاجي بشكل يزيد من الانبعاثات وليس يُقلّص منها، ولقد بيّنت المناقشات التي تخللت كل المؤتمرات أن المواقف المبدئية والإجراءات التطبيقية تختلف باختلاف نسب المساهمة في الانبعاثات العالمية للغازات الملوثة، فالأكثر تلويثا هم الأكثر تشددا في الحوار والأبطأ في التطبيق. وهناك سؤالان يطرحان نفسيهما بقوّة، يتعلّق الأول منهما بمدى استعداد مختلف الأطراف للوفاء بالتزاماتها، ويثير الثاني مسألة ماذا بعد كيوتو، أي ما بعد انتهاء فترة الإلزام سنة 2012.

الهوامش

1 صندوق الأمم المتحدة للسكان، مرجع سابق، الإطار 6، ص .20
2 Wikipedia/htm. Protocole de Kyoto.
3 www.ucsusa.org/global_warming/science/exxonmobil-smoke-mirors-hot.html.
4 بالقاسم المختار، السكان والموارد البيئية، قراءة جغرافية، مجلس النشر العلمي، جامعة السلطان قابوس، مسقط، 2008.
5 صندوق الأمم المتحدة للسكان، حالة سكان العالم 2006 www.unfpa.org.
6 بالقاسم المختار، مرجع سابق، ص .172
7 La documentation Francaise, l'effet de serre, 7 / 5 / 2008. 14h, 20.
8 صندوق الأمم المتحدة للسكان، مرجع سابق.
9 http://astronoo.com/actualites/rechauffement.html. 6 april 2008, 14.00.
10 Cecile Dumas, http://quotidien.sciencesetavenir.com
11 http://astronoo.com/actualites/rechauffement.html. 6 april 2008, 14.00.
12 صندوق الأمم المتحدة للسكان، مرجع سابق، ص 36.
13 صندوق الأمم المتحدة للسكان، حالة سكان العالم 2001، مرجع سابق، ص 35.
14 صندوق الأمم المتحدة للسكان، حالة سكان العالم 2001، مرجع سابق، الحواشي الفنية 36من الفصل الثالث.
15 بالقاسم المختار، مرجع سابق، ص 154.
16 http://assets.panda.0rg/lpr2006fr/pdf. Living Planet Report 2006.
17 undp.org. The state of human development 2006.
18 البنك الدولي للإنشاء والتعمير، تقرير عن التنمية في العالم، 2006، www.worldbank.org.
19 صندوق الأمم المتحدة للسكان، مرجع سابق، ص 6.

المراجع والمصادر العربية

1 الأمم المتحدة، بروتوكول كيوتو الملحق باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ، نيويورك، 2005.
2 بالقاسم المختار، السكان والموارد البيئية، «قراءة جغرافية»، مجلس النشر العلمي، جامعة السلطان قابوس، 2008.
3 البنك الدولي للإنشاء والتعمير، تقرير عن التنمية في العالم، 2006، .www.worldbank.org
4 بول أهرليتش و ج. هلدرن، أثر النمو السكاني، مجلة Science، العدد 171، 1991، ص 1112 - 1217.
5 صندوق الأمم المتحدة للسكان، حالة سكان العالم 2006 www.unfpa.org.
6 صندوق الأمم المتحدة للسكان، حالة سكان العالم، 2001، نيويورك، مطبعة فيونيكس ش/م، الدنمارك، 2002.

المراجع والمصادر الأجنبية

1 Dumas. Cecile, http://quotidien.sciencesetavenir.com
2 Ehrlich P.R. and A.H. Ehrlich, The Population Explosion, Simon and Schuster, New York, 1991.
3 http://assets.panda.0rg/lpr2006fr/pdf. Living Planet Report 2006.
4 undp.org. The state of human development 2006.
5 Watson. J . Le Nouvel Observateur, 1999/2000
6 Wikipedia/htm. Protocole de Kyoto.
7

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

التغيرات المناخية وقطاع الأعمال : الفرص والتحديات

د. إبراهيم عبدالجليل (*)

المقدمة

تمثل قضية التغيرات المناخية الآن قمة أولويات صانعي سياسات التنمية في العالم، فلأول مرة في تاريخ الأمم المتحدة منذ إنشائها يعقد كل من مجلس الأمن والجمعية العامة اجتماعا لمناقشة تلك القضية المهمة التي أصبحت تهدد مستقبل مسيرة التنمية في العالم بأسره، ولم تمض سوى أسابيع قليلة على ذلك إلا وأعلنت منظمة نوبل منح جائزة نوبل للسلام مناصفة بين نائب الرئيس الأمريكي السابق آل جور والهيئة الحكومية لتغير المناخ (IPCC).

ومن المعروف أن آل جور واحد من أنشط دعاة مواجهة التغيرات المناخية، حيث يجوب العالم شرقه وغربه داعيا الحكومات والمؤسسات إلى ضرورة الحد من مسببات التغيرات المناخية، وكذلك الاستعداد لمواجهة الأخطار البيئية المتوقعة في المستقبل، والناشئة عن تلك التغيرات. أما الهيئة الحكومية لتغير المناخ (IPCC)، فهي الهيئة التي أنشأت في إطار الأمم المتحدة عام 1988 لكي تبحث في مختلف جوانب هذه المشكلة البيئية الفريدة في نوعها، وقد أصبحت التقارير التي تصدر عن تلك الهيئة المرجع العلمي الرئيسي الذي يستند إليه المجتمع الدولي عند التخطيط لمواجهة تلك الظاهرة الخطيرة.

(*) مدير برنامج الإدارة البيئية - جامعة الخليج العربي - مملكة البحرين.

ولقد أدرك المجتمع الدولي، منذ البداية، أن خطورة تلك المشكلة تستدعي أن يتعاون الجميع في التصدي لها، فهي ليست مشكلة الشرق أو الغرب، أو الدول الغنية أو الفقيرة، لكنها مشكلة سوف تؤثر سلبا في الجميع، ولا مناص من أن يشارك الجميع في مواجهتها.

ولقد تقدمت هذه القضية لتحتل الصدارة في اهتمامات قادة قطاع الأعمال في العالم، خاصة بعد صدور التقرير الرابع للهيئة الحكومية لتغير المناخ في عام 2007، الذي أنهى الجدل العلمي حول ما إذا كانت تلك التغيرات المناخية سببها الأنشطة البشرية أم أنها تغيرات طبيعية تأتي بشكل دوري خلال فترات زمنية معينة من عمر كوكب الأرض (IPCC, 2007)، كما تزامن ذلك مع زيادة حدة بعض الظواهر المناخية كالأعاصير التي اجتاحت ساحل خليج المكسيك في عام 2005 والتي عجزت دولة كبرى مثل الولايات المتحدة الأمريكية عن التصدي لها رغم كل ما تملكه من إمكانات، والتي تسببت في النهاية في خسائر فادحة في الأرواح والممتلكات. وعلى الرغم من عدم التأكد يقينا من ارتباط تلك الظواهر المناخية الحادة بقضية التغيرات المناخية، فإن تلك العواصف المدمرة كانت بمنزلة جرس إنذار نبه العالم إلى المخاطر التي قد تنتج عن تلك التغيرات المناخية المتوقعة. كما صدر تقرير عن التكلفة الاقتصادية لتلك التغيرات كتبه سير نيكولاس ستيرن كبير الاقتصاديين السابقين في البنك الدولي، وذلك بناء على طلب من الحكومة البريطانية، وقد انتهى هذا التقرير إلى ضرورة التصدي الآن لهذه المشكلة، إذ إن تكلفة تركها للأجيال القادمة سوف تكون باهظة (Stern, 2007).

كل تلك الأحداث جعلت قضية تغيرات المناخ واحدة من أهم القضايا التي تشغل قادة الأعمال في العالم، إن لم تكن أهمها في الوقت الراهن.

وتهدف هذه الدراسة إلى إلقاء الضوء على ما تمثله قضية تغيرات المناخ من فرص وتحديات لقطاع الأعمال، كما تستعرض أهم المبادرات التي قامت بها الشركات العالمية الكبرى في هذا الإطار لمواجهة تلك التحديات واغتنام الفرص المتاحة لتحويل تلك المشكلة إلى مزيد من فرص الاستثمار وتطوير التكنولوجيا وخلق فرص عمل للملايين من الشباب على مستوى العالم.

1 - قضية تغير المناخ

يطلق تعبير «المناخ» على الأحوال الجوية السائدة في منطقة ما خلال فترة زمنية محددة. وهناك عدة عوامل تؤثر بشكل مباشر في مناخ الكرة الأرضية، من أهمها عملية الاتزان الحراري القائمة بين الشمس والأرض. فلقد خلق الله - جلت قدرته - الغلاف الجوي بتركيبة محددة، تضمن أن تحصل الكرة الأرضية على القدر المناسب من الطاقة اللازمة لاستمرار حياه الكائنات التي تعيش فيها. وتتم تلك العملية من خلال ظاهرة طبيعية تعرف بظاهرة الصوبة الزجاجية، حيث

يرتد جزء من الإشعاع الحراري الصادر عن سطح الكرة الأرضية إلى الغلاف الجوي، الذي يمتص بدوره جانبا من تلك الأشعة فيزيد ذلك من كمية الحرارة التي يُحتفظ بها ولا يسمح بمرورها وفقدانها في الفضاء الخارجي، حيث يؤدي ذلك في النهاية إلى الاحتفاظ بدرجة حرارة متوسطة لسطح كوكب الأرض مقدارها نحو 15 درجة مئوية. ولقد قدر العلماء أن ظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعية تتسبب في زيادة درجة حرارة كوكب الأرض بنحو 33 درجة مئوية عن القيم التي كان من الممكن أن تصل إليها من دون حدوث تلك الظاهرة، أي أنه من دون ظاهرة الاحتباس الحراري كان من الممكن أن تتحول الكرة الأرضية إلى كتلة جليدية مقدار درجة حرارتها نحو 18 درجة مئوية. كما أثبت العلماء أن هناك مجموعة من الغازات التي تؤدي تلك الوظيفة المهمة لاستمرارية الحياة على سطح كوكب الأرض لا يزيد نسبتها على 0.003% من كتلة الغازات الموجودة في الغلاف الجوي، وتلك الغازات هي: ثاني أكسيد الكربون، بخار الماء، الميثان، ثاني أكسيد النيتروز وبعض الغازات الأخرى. ومنذ الثورة الصناعية وحتى الآن لاحظ العلماء أن هناك زيادة في تركيزات تلك الغازات في الغلاف الجوي، وصلت إلى نحو 31.4% بالنسبة لثاني أكسيد الكربون، إذ ارتفع تركيزه من نحو 280 جزءا في المليون إلى نحو 386 جزءا في المليون، ولقد صاحب تلك الزيادة زيادة أخرى في متوسط درجة حرارة كوكب الأرض تتراوح بين 0.4 و0.7 درجة مئوية خلال الفترة نفسها. من هنا نشطت البحوث العلمية التي أثبتت في ما بعد - بدرجة عالية من اليقين - أن الارتفاع الملحوظ في درجة حرارة كوكب الأرض ناتج عن أنشطة بشرية بدرجة كبيرة، حيث حُدِّدت مجموعة من الأنشطة البشرية مثل الأنشطة المتعلقة باستهلاكات الطاقة الأحفورية (الفحم - البترول - الغاز الطبيعي) في قطاعات الصناعة والنقل وتوليد الكهرباء وغيرها، التي كانت سببا في نحو 50% من جملة انبعاثات العالم من غازات الاحتباس الحراري، تليها الأنشطة الصناعية مثل صناعات الأسمنت والحديد والصلب والأسمدة الكيماوية وهي سبب في نحو 20% من جملة الانبعاثات يلي ذلك قطاعات الإنتاج الزراعي وأنشطة إزالة الغابات، التي تعد من المصبات الطبيعية المهمة لامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون (IPCC, 2001)، كما أظهرت الدراسات أن هناك تباينا كبيرا في حجم الانبعاثات الناتجة عن الدول الصناعية يختلف عن تلك الصادرة من الدول النامية، نتيجة اختلاف الأوضاع الاقتصادية في كلا الفريقين. ففي دراسة لمعهد الموارد العالمية تبين أن نسب إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن مناطق العالم المختلفة خلال الفترة من 1900 إلى 1999 كانت كالتالي:

- الولايات المتحدة الأمريكية 30.3%.
- الدول الأوروبية 27.7%.
- دول الاتحاد السوفييتي سابقا 13.7%.

- الدول النامية 21.1%.
- اليابان وكندا وأستراليا 7.1%.

لكن تجدر الإشارة إلى أن تزايد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكبريت الناتج عن حرق الوقود الأحفوري المحتوي على نسبة عالية من الكبريت قد أدى إلى زيادة تركيز الأيروسولات في الغلاف الجوي، التي تعمل بدورها على خفض درجات حرارة الكرة الأرضية، أي أنها تعمل على معادلة ظاهرة الاحتباس الحراري (WRI, 2007).

ولقد أدى تراكم المعرفة العلمية حول ظاهرة الاحتباس الحراري وعلاقتها بالتغيرات المناخية المحتملة إلى تطور رد فعل المجتمع الدولي للتعامل مع تلك الظاهرة على النحو الذي سيتم تناوله في ما بعد.

2 - هل تغير المناخ فعلا؟

في عام 1988 شكلت الأمم المتحدة اللجنة الحكومية لتغير المناخ لدراسة المشكلة من كل جوانبها، وتتكون تلك اللجنة من نحو ثلاثة آلاف من العلماء والخبراء في جميع أفرع العلوم المتعلقة بتلك القضية المهمة، ولقد أصبحت التقارير الصادرة عن تلك اللجنة بمنزلة الدستور العلمي الذي يتم بمقتضاه التفاوض حول كل التفاصيل المتعلقة بمواجهة هذه الظاهرة في إطار الاتفاقية الإطارية لتغير المناخ. ولقد أصدرت تلك اللجنة أربعة تقارير رئيسية منذ بداية أعمالها وحتى الآن، كان آخرها تقرير التقييم الرابع الذي صدر في عام 2007، كما صدر عن اللجنة نفسها عدد كبير من التقارير الأخرى المتخصصة في تناول شتى جوانب تلك القضية المعقدة، التي توصف الآن بأنها من أخطر التحديات التي واجهت الجنس البشري على مر العصور.

يشير التقرير الرابع للجنة الحكومية لتغير المناخ إلى أنه قد ثبت علميا أنه حدثت زيادة مقدارها نحو 0.6 درجة مئوية في درجة حرارة الكرة الأرضية منذ عام 1860، وهو العام الذي بدأت فيه عملية قياس درجة الحرارة.

كما أثبتت القياسات المسجلة أن الأعوام العشرين الأخيرة قد سجلت أقصى ارتفاع لدرجات الحرارة خلال القرن العشرين، كما سجل عام 1998 أعلى ارتفاع في درجات حرارة كوكب الأرض منذ بدأت عملية القياس عام 1860. ولقد كان من نتيجة ذلك ذوبان الجليد في بعض مناطق نصف الكرة الشمالي، وتمدد المياه في المحيطات؛ ما أدى إلى ارتفاع سطح البحر بنحو 20 سم منذ عام 1900 حتى الآن.

ولقد أثبت العلماء أن معظم تلك الزيادة في درجات الحرارة وما يصاحبها من تغيرات في المناخ كانت نتيجة للأنشطة البشرية منذ الثورة الصناعية واكتشاف الفحم والبترول والتوسع في استخدامها في الصناعة والنقل وتوليد الكهرباء وغير ذلك من الأنشطة التي ثبت أنها

المتسبب الرئيس في حدوث هذه الظاهرة. ويتعرض التقرير ذاته إلى التوقعات المستقبلية لتغيرات المناخ وآثارها المدمرة، خاصة على الدول النامية التي لا تملك القدرات الكافية لمواجهتها.

فارتفاع درجة الحرارة سوف يؤثر في النمط السائد لتوزيع الأمطار فوق سطح كوكب الأرض، وبالتالي سوف يتأثر توزيع الموارد المائية في العالم، وقد يؤدي ذلك إلى زيادة في بعض المناطق ونقص في مناطق أخرى خاصة المناطق شبه الاستوائية، وسوف تكون النتيجة فيضانات عالية مدمرة في بعض المناطق وموجات جفاف في مناطق أخرى.

أما عن الإنتاج الزراعي فيشير التقرير إلى احتمال تأثر ذلك الإنتاج من ناحية الكم والكيف، وبالتالي فإن إنتاج الغذاء في العالم قد يتأثر، على الرغم من الفجوة الغذائية التي تعانيها بالفعل معظم الدول النامية خاصة في أفريقيا. بالإضافة إلى ذلك، فقد أثبتت الدراسات أن هناك مخاطر تهدد الشعاب المرجانية في العالم، ممثلة في ما يعرف بظاهرة «ابيضاض الشعاب المرجانية»، حيث تصاب وتفقد ألوانها الزاهية، وتفقد معها حيويتها الطبيعية كمأوى للآلاف من الكائنات البحرية، كما تفقد بالتالي قيمتها الاقتصادية كواحد من أهم عناصر الجذب السياحي في بعض مناطق العالم (IPCC, 2007).

أما عن التأثيرات الصحية لتلك الظاهرة، فقد أصدرت منظمة الصحة العالمية تقريرا مفصلا، أوضح أن تغيرات المناخ سوف تكون لها تأثيرات صحية خطيرة مع ازدياد موجات الحرارة العالية ومع هجرة الأمراض الناشئة عن ذلك لبعض المناطق الباردة نسبيا في شمال الكرة الأرضية مثل: الكوليرا والملاريا وحمى الدنج وغيرها من أمراض المناطق الحارة، كما يمكن أن تؤدى الفيضانات إلى تلوث المجارى المائية وانتشار الكوليرا في العديد من بقاع العالم (WHO, 1995).

خلاصة ذلك أنه لم يعد السؤال المطروح في العالم الآن هو: هل تغير المناخ أم لا؟ فلقد أصبح ذلك حقيقة واقعة، بل أصبح السؤال هو: ما مقدار هذا التغير ومكانه فوق سطح كوكب الأرض والمعدل الزمني لحدوثه خاصة بعد تزايد معدلات الظواهر المناخية الحادة مثل الأعاصير وموجات الحرارة المرتفعة والفيضانات المدمرة وغيرها؟ وهناك كثير من الشواهد التي أكدتها القياسات العلمية الدقيقة، والتي تدل على حدوث تغيرات في المناخ، إلا أن هناك أيضا العديد من الظواهر التي لا يستطع العلماء حتى الآن تفسيرها أو إثبات العلاقة بينها وبين تغير المناخ. فعلى سبيل المثال أثبتت الدراسات العلمية أن متوسطات درجات الحرارة لسطح الكرة الأرضية قد ارتفع بين 0.4 و0.8 درجات خلال القرن العشرين، وأن موجة الحرارة العالية التي اجتاحت أوروبا في صيف عام 2003 وراح ضحيتها الآلاف من البشر، كانت هي الأسوأ خلال 500 عام، كما كانت موجة الفيضانات المدمرة التي اجتاحت إنجلترا عام 2000 هي

الأشد خلال 270 عاما، بالإضافة إلى ذلك تشير الدراسات إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بين 10 و20 سم خلال الأعوام المائة الأخيرة، كما تشير إلى زيادة موجات الجفاف الحادة في أفريقيا وآسيا خلال العقود الماضية، وجدير بالذكر أن أستراليا، التي انضمت إلى الولايات المتحدة في رفض بروتوكول كيوتو(*)، تعيش حاليا موجة من الجفاف وصفت بأنها الأسوأ منذ بدأت الهجرة لهذه القارة. هذا وقد سرَّع المجتمع الدولي أخيرا من وتيرة الجهود المبذولة لتحسين مستوى نتائج تلك الدراسات المعقدة بحيث يمكن الاعتماد عليها في صياغة السياسات المستقبلية المطلوبة للحد من آثار تلك المشكلة الخطيرة، وكذا تبني السياسات اللازمة للتكيف مع تلك الآثار السالبة المتوقعة في المستقبل.

الخلاصة أن قضية تغير المناخ قد انتقلت بسرعة من خانة الفروض النظرية إلى خانة الواقع الذي نلمس آثاره يوميا في حياتنا، ومازال العلماء يحاولون الإجابة عن كثير من الأسئلة عن شكل تلك التغيرات في المستقبل، وما هو حجم الآثار السالبة المتوقعة من هذه الآثار على مسيرة التنمية في العالم؟

3 - رد الفعل العالمي

كانت بدايات التعامل مع قضية تغير المناخ في عام 1979 في «أثناء المؤتمر الدولي لتغير المناخ»، حيث صدر إعلان يدعو الحكومات إلى التنبؤ بالآثار المحتملة لتغير المناخ والعمل على الحد من تلك الآثار، كما تم الاتفاق خلال المؤتمر نفسه على إنشاء «برنامج المناخ الدولي» بالتعاون بين المنظمة العالمية للأرصاد وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة والمجلس الدولي للاتحادات العالمية. وخلال فترة الثمانينيات تم عقد العديد من المؤتمرات الدولية مع تزايد الأدلة العلمية والشواهد التي تؤكد أن هناك تغيرات في المناخ بفعل الأنشطة البشرية، واتفقت تلك المؤتمرات جميعها على ضرورة التصدي لتلك الظاهرة من خلال تحرك دولي منظم. وفي عام 1988 أُنشئت اللجنة الحكومية لتغير المناخ(IPCC) وأسندت إليها مهمة التقييم العلمي لجميع الأبعاد المتعلقة بتلك القضية، حيث اعتبرت التقارير الصادرة عن تلك اللجنة بمنزلة الدستور العلمي المحايد الذي يصلح أساسا للتفاوض حول إقرار اتفاقية دولية تنظم حركة المجتمع الدولي في مواجهة هذا التحدي. وفي عام 1990 وافقت الجمعية العامة للأمم المتحدة على البدء في عملية التفاوض حيث عُقِدت خمس جولات من المفاوضات حتى عام 1992 أُقرت خلالها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ وأصبحت معدة للتوقيع عليها في أثناء قمة الأرض التي عقدت في ريو في شهر يونيو من عام 1992.

وفي أثناء تلك القمة وقع ممثلون عن 154 دولة، بالإضافة إلى المفوضية الأوروبية، على تلك الاتفاقية التي دعت المجتمع الدولي إلى التكاتف من أجل تثبيت تركيزات انبعاثات غازات

(*) في ٢٠٠٧/١٢/٣ وقعت استراليا على اتفاقية كيوتو في أول مبارة لحزب العمال بعد تسلم الحكم.

الاحتباس الحراري المسببة لظاهرة تغير المناخ عند مستويات آمنة تسمح للنظام البيئي بالتأقلم تحقيقا للأمن الغذائي وضمانا لتواصل عملية التنمية في العالم.

الجدير بالذكر أن تلك الاتفاقية قد رسخت مجموعة من المبادئ المتفق عليها في إعلان ريو التي أصبحت حاكمة في العلاقات البيئية الدولية، ومن أهم هذه المبادئ «مبدأ الحيطة»، الذي يدعو إلى عدم اتخاذ نقص اليقين العلمي ذريعة من أجل تأجيل تنفيذ إجراءات فورية ضمانا وتأمينا للمستقبل من أي مخاطر قد لا يمكن مواجهتها والتأقلم معها. أما المبدأ الثاني الذي أقرته تلك الاتفاقية فهو مبدأ «المسؤولية المشتركة لكن المتباينة»، الذي أصبح من أهم المبادئ التي تحكم حركة المجتمع الدولي في مواجهة قضايا البنية العالمية، ويدعو هذا المبدأ جميع الدول المتقدمة منها والنامية، على حد سواء، إلى المشاركة الإيجابية في التصدي للمخاطر البيئية العالمية مثل تغير المناخ وحماية طبقة الأوزون وغيرهما، كل بقدر ما يتاح له من إمكانات، أي أن المسؤولية في التصدي هي مسؤولية مشتركة لكن بدرجات متفاوتة طبقا لإمكانات كل طرف، ومن البديهي أن هذا المبدأ يضع الدول الصناعية أمام مسؤولياتها في قيادة حركة المجتمع الدولي للتصدي لتلك المشكلات، حيث تمتلك تلك الدول كل السبل والإمكانات اللازمة، لذلك من ناحية القدرات التمويلية والتكنولوجيات المطلوبة والمؤسسات القادرة والكوادر المؤهلة وغير ذلك الكثير (Rio Declaration, 1992).

كما أقرت الاتفاقية الإطارية لتغير المناخ مبدأ «الاحتياجات الخاصة» للدول النامية والدول الأقل نموا، حيث تشير كل التقارير إلى أن الدول الفقيرة ستكون أكثر تعرضا للآثار السلبية لتغيرات المناخ، وبالتالي يجب الأخذ بعين الاعتبار احتياجات تلك الدول من الموارد المالية والتكنولوجية، وكذا حاجتها إلى دعم القدرات الذاتية لديها لكي تتمكن من التعامل مع تلك القضايا. وأخيرا فقد أعادت الاتفاقية نفسها - اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ - تأكيد أهمية مفهوم التنمية المستدامة وضرورة تكاتف المجتمع الدولي لتحقيق أهدافها.

وتحقيقا لتلك المبادئ، فلقد قُسمت الدول الأطراف في تلك الاتفاقية إلى فريقين: فريق الدول الصناعية المتقدمة، ويعرف بدول الملحق الأول للاتفاقية، وفريق الدول النامية، وهي الدول غير المدرجة بالملحق الأول للاتفاقية، حيث تضمنت أحكام الاتفاقية التزامات متباينة بين الفريقين تبعا لقدرات كل منهما، وتحقيقا لمبدأ «المسؤولية المشتركة لكن المتباينة» السابق شرحه. وقد دخلت الاتفاقية حيز التنفيذ في مارس عام 1994، حيث عقد مؤتمر الأطراف الأول للاتفاقية الاجتماع الأول له في برلين عام 1995. ويعتبر مؤتمر الأطراف هو «الهيئة العليا» للاتفاقية، وتعتبر قراراته ملزمة لجميع الدول الأطراف في الاتفاقية طبقا لقواعد القانون الدولي.

ولقد راجع مؤتمر الأطراف الأول مدى كفاية الالتزامات الواردة في الاتفاقية بالنسبة إلى الدول الصناعية وقدرة تلك الالتزامات على تحقيق هدف الاتفاقية، وهو تثبيت انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المسببة لظاهرة تغير المناخ، وبعد المناقشات أقر المؤتمر قرارا بإنشاء لجنة تعمل على صياغة آلية ملزمة قانونا قد تلحق بالاتفاقية، بحيث يتم الانتهاء من تلك العملية قبل مؤتمر الأطراف الثالث، الذي كان مقررا انعقاده في عام 1997.

4- بروتوكول كيوتو

بعد مفاوضات دامت نحو عامين أقرت الدول الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ في مؤتمرها الثالث، الذي عقد في مدينة كيوتو اليابانية عام 1997، أقرت آلية ملزمة قانونا أطلق عليها «بروتوكول كيوتو»، تهدف إلى ضمان تحقيق الهدف النهائي للاتفاقية، من خلال إلزام الدول الصناعية المدرجة بالملحق الأول للاتفاقية بخفض انبعاثاتها من غازات الاحتباس الحراري بنسبة متفاوتة تبلغ في المتوسط نحو 5% من جملة انبعاثاتها عام 1990، وذلك في الفترة من عام 2008 إلى عام 2012، ولقد تباينت نسبة الخفض الملزمة بين الدول، حيث بلغت على سبيل المثال 8% بالنسبة إلى سويسرا، 7% للولايات المتحدة الأمريكية، و6% النسبة إلى كندا، كما سُمح لبعض الدول بزيادة انبعاثاتها خلال الفترة نفسها بنسب متفاوتة أيضا وصلت إلى 10% بالنسبة إلى أيسلندا (Kyoto, 1997).

ومن الملاحظ أن متوسط نسبة الخفض التي أُقرت، وهي نحو 5% من انبعاثات عام 1990، تمثل في حقيقة الأمر نحو 20% من مجموع الانبعاثات المتوقعة عام 2010 للدول الصناعية.

وحيث إن بروتوكول كيوتو من الآليات الملزمة قانونا، ونظرا إلى أن فشل أي دولة من الدول الصناعية في تحقيق نسب الخفض التي التزمت بها قد يعرضها لبعض العقوبات، فلقد شهدت جولات التفاوض حول كيفية تطبيق البروتوكول معارك عنيفة بين الدول الصناعية من جانب، وبينها وبين الدول النامية من جانب آخر. ولقد أدى تعثر المفاوضات منذ عام 1997، وحتى مؤتمر الأطراف السابع الذي عقد في مراكش عام 2001، إلى أن البروتوكول لم يدخل حيز التنفيذ حتى عام 2005، حيث صدقت عليه حتى الآن 169 دولة من بينها دول الخليج الست التي أدت دورا بارزا خلال المفاوضات التي انتهت بتوقيع هذا البروتوكول.

ومن المعروف أن خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الست (1) يعني اتخاذ مجموعة كبيرة من التدابير والإجراءات الاقتصادية، وتبني سياسات لتحسين كفاءة استخدام الطاقة وترويج استخدامات الطاقة المتجددة وحسن إدارة المخلفات الصلبة والسائلة، بالإضافة إلى إجراء إصلاحات جوهرية في سياسات الطاقة والنقل وأنماط الإنتاج والاستهلاك بشكل عام.

(*) ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروز، هيدروفلوروكربونات، بيرفلوروكربونات، هكسا فلوريد الكبريت.

ومن المسلم به أن تنفيذ تلك الإجراءات والسياسات سوف يؤثر بالضرورة في الأوضاع الاقتصادية بالدول الصناعية، وفي قدرتها التنافسية خاصة في ظل اتفاقيات تحرير التجارة العالمية.

كما سيؤدي تنفيذ تلك الإجراءات والسياسات إلى التأثير سلبا في اقتصادات بعض الدول الأخرى، خاصة الدول التي تعتمد اقتصاداتها بشكل كبير على مصادر الوقود الأحفوري كالبترول والغاز الطبيعي وسوف يتم تناول تلك التأثيرات بشكل أكثر تفصيلا في ما بعد.

وفي محاولة لتقليل العبء عن كاهل الدول الصناعية، أقر بروتوكول كيوتو ضمن أحكامه بعض الآليات التي تسمح بالتعاون الدولي لتنفيذ التزامات الخفض السابقة الإشارة إليها، وهذه الآليات هي:

أ - التجارة في الانبعاثات

حيث يسمح للدول الصناعية في ما بينها بالاتجار في وحدات الخفض التي تحققت، بمعنى أنه يمكن لدولة وفت بالتزاماتها أن تبيع أي زيادة في خفض الانبعاثات عن الالتزام المقرر لها إلى دولة أخرى من الدول الصناعية لكي يضاف إلى رصيدها من وحدات الخفض.

ومن المعروف أن عملية الاتجار في الانبعاثات معمول بها في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث يوجد نظام للاتجار في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت بين المنشآت الصناعية ومحطات توليد الطاقة.

ب - التنفيذ المشترك

والمقصود به أن تنفذ دولة صناعية مشروعا يؤدي إلى خفض الانبعاثات في دولة صناعية أخرى بحيث يُحسب مقدار الخفض الذي تحقق ويضاف إلى رصيد الخفض للدولة التي نفذت المشروع خارج أراضيها مقابل ما دفعته من استثمارات وخبرات لتنفيذ المشروع.

جـ - آلية التنمية النظيفة

وهي الآلية الوحيدة التي أُقرت لإشراك الدول النامية في جهود المجتمع الدولي لتخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ومن خلال تلك الآلية، يمكن لدولة صناعية إقامة مشروعات الحد من الانبعاثات في إحدى الدول النامية بحيث تتكفل بتمويل المشروع ونقل التكنولوجيا المناسبة له، وتدريب الكوادر المطلوبة لإدارته نظير إضافة ما تحقق من خفض إلى رصيد الدولة الصناعية لمساعدتها في تحقيق التزاماتها في إطار البروتوكول، وهو شكل آخر من أشكال التنفيذ المشترك لكن بين الدول الصناعية والدول النامية، كما يمكن للدول النامية تنفيذ مشروعات خفض الانبعاثات وبيع ما تحقق من هذا الخفض لمن يريد من الدول الصناعية.

ومن الملاحظ أن تلك الآليات الثلاث تحقق للدول الصناعية مزيدا من المرونة لتحقيق التزاماتها في إطار البروتوكول، كما تحقق للدول النامية مزيدا من المساعدات المالية والفنية

والتكنولوجية، بما يضمن استمرارية عملية التنمية. إلا أن التطبيق العملي لتلك الآليات على المستوى الدولي يتطلب وجود شبكة ضخمة من المؤسسات القادرة والمؤهلة التي تعمل في إطار مجموعة كاملة من القواعد والإجراءات التي تتمتع بشفافية كبيرة بما يضمن التحقيق الفعلي لأهداف البروتوكول بعيدا عن أي محاولات للغش والتدليس التي قد يلجأ إليها البعض لتحقيق أهداف تجارية، ولقد استمرت المناقشات لبلورة تلك القواعد والإجراءات نحو 4 سنوات، وشارك فيها الآلاف من الخبراء ومراكز البحوث والمنظمات الدولية وممثلو الحكومات وأيضا المنظمات غير الحكومية. ولقد شهدت جولات المفاوضات معارك عنيفة حتى جرى التوصل إلى اتفاق بشأن التفاصيل الفنية والقانونية الخاصة بتلك الآليات، وذلك بقرار من مؤتمر الأطراف السابع الذي عقد في مراكش عام 2001، هذا الاتفاق الذي مهد الطريق لبروتوكول «كيوتو» لكي يدخل حيز التنفيذ بعد ذلك في عام 2005.

وقد سعت دول العالم، بدرجات متفاوتة، إلى تبني سياسات واستخدام تقنيات للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري تنفيذا لما جاء في البروتوكول. وقد أصدرت سكرتارية الاتفاقية أخيرا تقريرا عن تطور انبعاثات غازات الاحتباس الحراري أوضح أن انبعاثات الدول الصناعية مجتمعة (بما فيها دول أوروبا الشرقية) قد انخفضت عام 2004 بنسبة 3.3% عن مستواها عام 1990، كما أوضح التقرير ذاته أنه بين عامي 1990 و 2000 حدث خفض في الانبعاثات في نحو 50% من الدول الصناعية (23 دولة من بين 41)، بينما انخفضت الانبعاثات في 7 دول فقط خلال الفترة من 2000 حتى عام 2004. وقد سجلت تركيا أعلى معدل لزيادة الانبعاثات خلال الفترة من 1990 إلى 2004 بنسبة 72.6%، بينما حققت ليتوانيا أعلى معدل في خفض الانبعاثات خلال الفترة نفسها بنسبة 60.4%، أما الدول الصناعية الأعضاء في بروتوكول كيوتو فقد حققت انخفاضا في الانبعاثات عام 2004 بمقدار 15.3% عن مستويات عام 1990.

وقد أوضحت الإحصائيات أن عددا من الدول الصناعية تقترب بالفعل من تحقيق التزاماتها في إطار البروتوكول مثل بريطانيا، فرنسا، ألمانيا والسويد وهولندا بينما أخفقت دول مثل الولايات المتحدة وكندا، واليابان، والنمسا وإيطاليا من الاقتراب من تحقيق التزاماتها حتى الآن.

وأشار التقرير إلى أن الزيادة في نسبة الانبعاثات في قطاع النقل على مستوى جميع الدول كانت أعلى المعدلات بين القطاعات الأخرى بنسبة 23.9%، مما يشير إلى ضرورة تبني سياسات أكثر فاعلية لخفض الانبعاثات في قطاع النقل على مستوى جميع دول العالم، والذي يعتمد حتى الآن على منتجات البترول، كما أشار التقرير نفسه إلى أن الولايات المتحدة مازالت تتصدر دول العالم الصناعي من حيث كمية الانبعاثات تليها في ذلك روسيا الاتحادية، كما



حققت ألمانيا أعلى نسبة في خفض الانبعاثات بين الدول الصناعية الكبرى منذ عام 1990 وحتى عام 2004 (UNFCCC, 2007).

5 - الآثار الاقتصادية

من أهم الصعوبات التي واجهت حركة المجتمع الدولي للتصدي لظاهرة تغير المناخ أن أي إجراء من شأنه الحد من الانبعاثات المسببة لتلك الظاهرة سوف يؤثر بصورة مباشرة في الحياة اليومية للفرد، بما في ذلك من نتائج اقتصادية، ولعل ذلك الموقف غير مسبوق في إطار الخبرة الدولية السابقة في التعامل مع قضايا البيئة العالمية، فعلى سبيل المثال حينما بدأت المخاوف من تآكل طبقة الأوزون في الغلاف الجوي بفعل بعض الانبعاثات الناتجة عن استخدام بعض الكيماويات الصناعية، وعند التفاوض بشأن آلية دولية للحد من تلك الانبعاثات التي انتهت بالتوقيع على معاهدة فيينا عام 1985، ثم بروتوكول مونتريال عام 1987 كانت الأمور أكثر سهولة، إذ إن القضية ينحصر علاجها في قطاع معين من قطاعات الاقتصاد، وهو صناعات التبريد والتكييف وبعض الأنشطة الصناعية الأخرى، وطالما توافرت البدائل التكنولوجية، وهي المواد الصديقة لطبقة الأوزون، وطالما توافر التمويل اللازم لإحلال المواد الصديقة بدلا من المواد الضارة من خلال صندوق مونتريال متعدد الأطراف الذي أنشئ خصيصا لهذا الغرض، فلقد بدأ العالم في تنفيذ برنامج دولي طويل المدى يسعى إلى التخلص من تلك المواد المستنزفة لطبقة الأوزون في إطار زمني محدد. أما في قضية تغير المناخ فإن الأمر أكثر صعوبة، إذ إن تلك القضية تمس تقريبا كل قطاعات الاقتصاد بشكل أو بآخر، وبالتالي فإن التصدي لها سوف يؤثر بالضرورة في الأداء الاقتصادي، ومن ثم في القدرة التنافسية بين الدول على مستوى العالم.

فمن الواضح أن ثاني أكسيد الكربون يمثل النسبة الكبرى لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري (نحو 85% في الولايات المتحدة الأمريكية)، وحيث إن ثاني أكسيد الكربون ينتج أساسا من حرق كل أشكال الوقود الأحفوري (الفحم، البترول، والغاز الطبيعي) المستخدم في إنتاج الطاقة، التي تستخدم بدورها في إنتاج جميع أنواع السلع والخدمات، لذا فإن هناك ارتباطا وثيقا بين كثافة استخدام الطاقة وبين معدلات النمو الاقتصادي، وبالتالي فإن هناك ارتباطا مشابها بين تزايد معدلات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وبين النمو الاقتصادي. لذا فإن أي سياسة رشيدة للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري سوف تسعى إلى كسر تلك العلاقة الترابطية أو إضعافها على أقل تقدير.

وتعرف كثافة استخدام الطاقة بأنها كمية الطاقة التي يستخدمها الاقتصاد في بلد ما لإنتاج وحدة واحدة من الناتج القومي، ويتأثر هذا المؤشر بالعديد من العوامل مثل كفاءة استخدام الطاقة وأسعارها وهيكل الأنشطة الاقتصادية وغيرها.

وتتزايد معدلات استهلاك الفرد من الطاقة بارتفاع مستوى معيشته وبالتالي تحسين قدرته الشرائية، لذا فإن تزايد نصيب الفرد من الطاقة يعد مؤشرا لمستوى المعيشة في دولة ما. ومن المعروف أن هناك فجوة كبيرة بين تلك المعدلات في الدول المتقدمة ومثيلاتها في الدول النامية، إذ يقدر نصيب الفرد من الكهرباء في الولايات المتحدة الأمريكية، مثلا، بنحو مائة ضعف مثيله أو يزيد في بعض الدول النامية. وحيث إن انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون يرتبط بالدرجة الأولى بإنتاج واستخدام الطاقة، فإن هناك علاقة مباشرة بين النمو الاقتصادي ومعدلات الانبعاثات من غازات الاحتباس الحراري. لكن تلك العلاقة تتأثر أيضا بكفاءة استخدام الطاقة ونوعية موارد الطاقة المستخدمة من حيث محتواها من الكربون، وكذا هيكل النشاط الاقتصادي وكثافة استخدامه للطاقة. لذا فإن سياسات الحد من الانبعاثات تعتمد في المقام الأول على فك ذلك الارتباط بين النمو الاقتصادي ومعدل الانبعاثات في المديين المتوسط والبعيد. فعلى سبيل المثال، فقد حققت فرنسا معدلات مرتفعة في التنمية من دون أن تواكب ذلك معدلات مماثلة في زيادة الانبعاثات، وذلك يرجع بالدرجة الأولى إلى الاستخدام المتزايد للطاقة النووية. لذا فإن الحد من استخدامات مصادر الوقود التقليدية وترويج تكنولوجيات الطاقة المتجددة سوف يمثلان حجر الأساس في سياسات الحد من ظاهرة تغير المناخ.

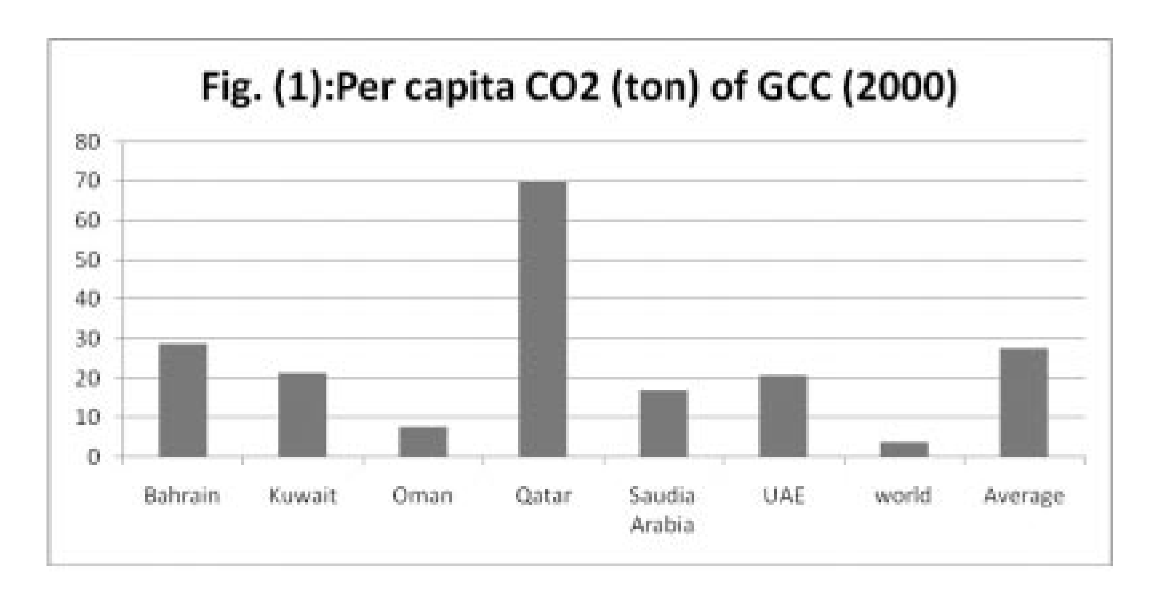
إلا أن الآثار الاقتصادية المترتبة على سياسات التعامل مع قضية تغير المناخ سوف تمتد إلى ما هو أبعد من معدلات النمو الاقتصادي، إذ سوف يرتبط ذلك أيضا بعدد من التأثيرات الأخرى، مثل التأثير في سوق العمل والتأثيرات المتوقعة نتيجة التوسع في تطوير التقنيات الصديقة للبيئة في قطاعات النقل والطاقة والصناعة وغيرها، وكذا التأثيرات المتوقعة في معدلات الاستثمار في بعض القطاعات، خاصة في الدول النامية، وتأثيرات ذلك في معدلات تدفق الاستثمارات إلى تلك الدول وعلاقتها بالارتقاء بالبنية التحتية هناك مما يضمن تواصل عملية التنمية. وسوف تمتد تلك التأثيرات الإيجابية إلى الدول المتقدمة، حيث تتيح سياسات التعامل مع قضية تغير المناخ الفرصة لفتح أسواق جديدة في الدول النامية في ما يتعلق بالتكنولوجيات النظيفة والخدمات البيئية بشكل عام، إلى جانب نمو أسواق بعض التكنولوجيات الأخرى الواعدة والخاصة بالتكيف مع المخاطر البيئية الناجمة عن تغيرات المناخ في قطاعات الزراعة والموارد المائية والساحلية وغيرها.

ومن أهم التأثيرات المتوقعة، نتيجة الالتزام ببروتوكول «كيوتو»، هو هجرة الصناعات كثيفة استخدام الطاقة إلى الدول النامية خاصة تلك التي تتمتع بمصادر جيدة من الوقود الأحفوري، وهو اتجاه بدأ في العالم منذ أزمة الطاقة الأولى عام 1973، وتنامى بفعل القيود البيئية المفروضة على تلك الصناعات في أسواق الدول الصناعية، وفي ظل الوضع الحالي، حيث

لا حدود مفروضة على انبعاثات الدول النامية، فإنه من المتوقع أن يزداد هذا الاتجاه خاصة في إطار عملية تحرير التجارة الدولية وإزالة القيود ضد حرية انتقال رؤوس الأموال، حيث ستتجه الاستثمارات في تلك الصناعات نحو الدول النامية. وقد يشكل ذلك فوائد اقتصادية لتلك الدول في المديين القريب والمتوسط، من حيث خلق مزيد من فرص العمل والاستثمار ونقل التكنولوجيا، لكنه في المدى البعيد قد يؤدي إلى تأثيرات بيئية محلية سالبة، خاصة عند عدم فاعلية التشريعات البيئية في تلك الدول أو التراخي في تطبيقها. أما من ناحية تغير المناخ، فإن ذلك يعد وسيلة لخفض انبعاثات الدول الصناعية وتسريبها إلى الدول النامية، وبالتالي لن تتحقق أي فوائد لتجنب أخطار التغيرات المناخية.

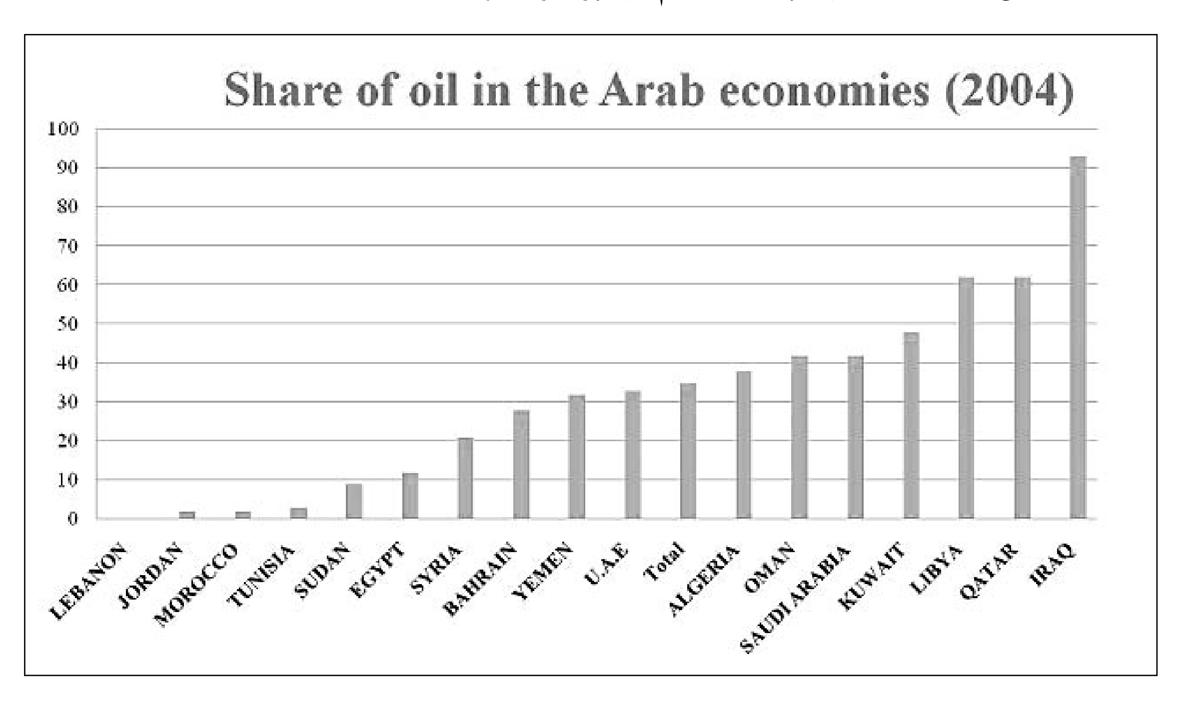
أما عن الدول المنتجة والمصدرة للوقود الأحفوري - خاصة الدول المنتجة للبترول أعضاء منظمة أوبك وغيرها - فلقد أشارت الدراسات إلى أن عائدات تلك الدول من تصدير البترول سوف تتأثر بشدة نتيجة اتباع الإجراءات والسياسات الرامية إلى الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري حتى يمكن تحقيق أهداف بروتوكول كيوتو. ولقد كانت تلك القضية من أهم القضايا التي أثيرت خلال جولات المفاوضات قبل إقرار البروتوكول وبعده، حيث طالبت تلك الدول - أي الدول المنتجة للبترول - بضرورة تعويضها عن الأضرار الاقتصادية المتوقعة عند تطبيق هذا البروتوكول، خاصة أن الاتفاقية الإطارية لتغير المناخ قد أخذت بعين الاعتبار تلك القضية في مادتها الرابعة، كما أُخذت أيضا في الاعتبار في المادة الثالثة من البروتوكول، حيث أوصى بضرورة أن تتبنى الدول المتقدمة مجموعة من التوصيات المتعلقة بإجراء إصلاحات اقتصادية تستهدف إلغاء الدعم عن كل أشكال الوقود الأحفوري من دون تمييز، خاصة إلغاء الدعم عن الفحم في أوروبا وأستراليا والولايات المتحدة، وكذا إجراء إصلاحات في الهيكل الضريبي يراعي المحتوى الكربوني لمنتجات الطاقة بالدول الصناعية، وأخيرا مساعدة الدول المصدرة للبترول - التي تعتمد اقتصاداتها بشكل أساسي على عائداته - على تنويع أنشطتها الاقتصادية للحد من الآثار السلبية المتوقعة عند تطبيق بروتوكول كيوتو في المدى البعيد. وكلنا نعلم الأهمية الاستراتيجية لقطاع النفط في دول الخليج، الذي يظل محددا أساسيا من محددات التنمية ومصدرا محوريا من مصادر الدخل في تلك الدول، ولاعبا رئيسيا في تغيير نمط الحياة في هذه المنطقة من العالم، هذا بالإضافة إلى أن الدول الخليجية تعتمد بشكل رئيسي على مصادر البترول والغاز في توفير احتياجاتها من الطاقة اللازمة لعملية التنمية؛ الأمر الذي يؤدي إلى تأثيرات بيئية سالبة تُبذل جهود مضنية للحد منها والتخفيف من آثارها. ويبلغ المتوسط السنوي لنصيب الفرد في دول الخليج من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نحو 27 مليون طن، وهي نسبة عالية مقارنة بالمتوسط العالمي الذي يبلغ نحو 4 ملايين طن (الشكل 1). ولا يخفى هنا أثر الظروف المناخية وشح الموارد المائية في

زيادة معدلات استهلاك الطاقة اللازمة لتكييف الهواء وتحلية مياه البحر طوال العام، حيث تقع منطقة الخليج العربي ضمن المناطق الجافة التي يقل فيها سقوط الأمطار وترتفع فيها درجات الحرارة والرطوبة طوال العام، مع ضعف في موارد المياه الطبيعية، مما يجعلها تعتمد بشكل أساسي على تحلية مياه البحر، وبالتالي استهلاك كميات كبيرة من النفط لهذا الغرض، ما يعني مزيدا من الانبعاثات.



كما سبقت الإشارة فإن عائدات البترول تمثل أهمية قصوى للدول المصدرة له في منطقة الخليج العربي؛ إذ يشير التقرير الاقتصادي العربي الموحد الصادر عام 2006 إلى أن عائدات النفط تمثل نحو 42% من الناتج القومي لدول الخليج الست (الشكل 2) (Al-Moneef, M. 2006)، لذا فإن تبني أي سياسات للحد من استهلاك البترول والغاز على مستوى بقية دول العالم، خاصة الدول الصناعية، قد يؤثر سلبا من الناحية الاقتصادية في الدول الخليجية، وباقي الدول الأعضاء في منظمة أوبك، وقد أشارت اتفاقية تغير المناخ إلى تلك القضية، وكلفت الدول الأعضاء بالتعاون في ما بينها للتخفيف من هذه الآثار. وعلى الرغم من أن دول مجلس التعاون الخليجي قد قطعت شوطا كبيرا، منذ السبعينيات، في اتجاه تنويع اقتصاداتها من حيث التوسع في مساهمة القطاعات الأخرى غير البترولية كالسياحة والخدمات في الناتج المحلي الإجمالي، وكذلك التوسع في الصناعات كثيفة الاستخدام للطاقة كالبتروكيماويات والألمنيوم، والتوسع في الخدمات الاجتماعية كالتعليم والصحة وغيرهما، بالإضافة إلى إجراء إصلاحات كبيرة في سياسات الاستثمار وسوق العمل والملكية العقارية وغيرها، لكن معظم تلك الأنشطة مازالت تعتمد بشكل كبير على استيراد التكنولوجيات من الخارج، وعلى إدارتها بعمالة أجنبية وافدة في معظم الأحيان. ونظرا إلى كثافة استخدام الطاقة في تلك الأنشطة

فقد كان ذلك سببا في ضغوط بيئية شديدة جعلت نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في منطقة الخليج من أعلى المعدلات في العالم، كما ساهمت بعض أنشطة الزراعة في استهلاك متزايد للموارد المائية، التي هي شحيحة بطبيعتها في تلك المنطقة، مما زاد الاعتماد على تحلية مياه البحر باستخدام البترول والغاز.



6 - تغير المناخ وقطاع الأعمال : التحديات

لقد أدركت الشركات الكبرى في العالم المخاطر الناجمة عن تلك التغيرات في المناخ، وبدأت في دراسة الآثار الاقتصادية والاجتماعية الناجمة عنها من أجل صياغة سياسات جديدة للتعامل معها. وعلى الرغم من المقاومة التي تمت عند إثارة تلك القضية في البداية، خاصة من جانب شركات البترول والفحم وصناعة السيارات وغيرها بدعوى عدم اليقين العلمي، والانتظار حتى يتم التأكد من مدى مصداقية التقارير العلمية بشأن تلك الظاهرة، فإن ذلك لم يكن إلا محاولة للدفاع عن المصالح التجارية لتلك الشركات. ومع ذلك فقد بدأ هذا الاتجاه في التغير تدريجيا في السنوات القليلة الماضية، حيث بدأت الشواهد العلمية تتراكم لتؤكد أن المناخ يتغير بالفعل، وأن هذا التغير ناتج عن أنشطة بشرية. ومن هنا بدأت بعض الشركات الكبرى في صياغة استراتيجيات جديدة لإدارة عملياتها مستقبلا في ظل التوقعات المنتظرة لتغير المناخ، وفي ظل الأسواق المتوقعة لبدائل الطاقة النظيفة، التزاما بأهداف بروتوكول «كيوتو». ولقد نشطت المنظمات غير الحكومية التي تضم في عضويتها الآلاف من الشركات والمؤسسات المعنية،

وشاركت بفاعلية في أثناء المراحل المختلفة للمفاوضات الساعية إلى إقرار بروتوكول «كيوتو» وآلياته المختلفة، ولقد أكدت تلك المنظمات عدة مبادئ من أهمها: أن يُطبَّق البروتوكول من خلال آليات السوق بعيدا عن الإجراءات الإلزامية من جانب الحكومات، وبعيدا عن أي قيود تحد من حركة تلك المنظمات، أو بمعنى آخر الشركات الأعضاء فيها في أسواق العالم، كما دعت تلك المنظمات الحكومات إلى ضرورة إشراك القطاع الخاص في الحوار الدائر حول صياغة سياسات جديدة للتعامل مع قضية تغير المناخ. كما برزت إلى السطح قضية حقوق الملكية الفكرية وعلاقتها بعملية نقل التكنولوجيا النظيفة إلى الدول النامية، وضرورة تهيئة المناخ في الدول النامية من الناحية المؤسسية والتشريعية لتسهيل عملية نقل التكنولوجيا وتوطينها في تلك الدول.

وقد حدد مجلس الأعمال العالمي للتنمية المستدامة، في عام 2000، أربعة إجراءات يجب على جميع الشركات القيام بها للمساهمة في مواجهة مشكلة تغير المناخ، وهذه الإجراءات هي:

1 - مراجعة الانبعاثات الناتجة عن نشاط الشركة ووضع هدف لخفضها بما يتلاءم مع أهداف بروتوكول كيوتو والتزامات الدولة التي تعمل في نطاقها.

2 - يجب إلا يتعدى سقف أنشطة الاتجار في الانبعاثات (أي شراء شهادات خفض الانبعاثات) ما نسبته 50% من الأهداف الموضوعة.

3 - تنفيذ برنامج لخفض الانبعاثات داخل عمليات الشركة باستخدام المصادر المتجددة.

4 - البحث عن فرص للاستثمار في مجالات الطاقة النظيفة والطاقات المتجددة وذلك بالتعاون مع الحكومات المعنية (WBCSD, 2000).

لقد أصحبت قضية تغيرات المناخ وكيفية مواجهتها أحد المحددات الرئيسة لتنافسية الشركات في الأسواق العالمية، فنتيجة لزيادة الوعي بأهمية تلك القضية، فقد بات على قادة الشركات في قطاع الأعمال أن تتضمن خططهم المستقبلية استراتيجيات عن كيفية التعامل مع تلك الأخطار، في إطار ما تقدمه تلك الشركات من سلع وخدمات. ونشطت منظمات الأعمال وشركات الاستثمار ومؤسسات التمويل في البحث عن هذه الخطط، وأصبحت تضعها في الحسبان عند ترتيب أوضاع تلك الشركات في أسواق المال العالمية، كما زاد وعي حملة الأسهم بضرورة أخذ ذلك في الحسبان عند اتخاذ قرارات الاستثمار، وفي أثناء انعقاد اجتماعات المنتدى الاقتصادي العالمي في دافوس عام 2006، برزت قضية التغيرات المناخية كواحدة من أولويات المخاطر التي قد يتعرض لها قطاع الأعمال في العالم خلال المستقبل القريب، وتتلخص أشكال تلك المخاطر في:

- التهديدات المحتملة الناشئة عن ارتفاع سطح البحر، والظواهر الجوية الحادة كالفيضانات، العواصف، وتأثيرات ذلك في الصحة العامة.

- التأثيرات المحتملة في صناعة التأمين في العالم.

- زيادة الضغوط التشريعية المتوقعة من جانب الحكومات، التي تعد تحديا جديدا لقطاع الأعمال، خاصة في إطار بروتوكول «كيوتو».

- الزيادة المتصاعدة من الضغط الشعبي وحملة الأسهم لاتخاذ إجراءات لمواجهة تلك القضية (March, 2006).

وقد أوضحت إحدى الدراسات أن صناعة التأمين - بكل أنواعها - سوف تكون أكثر عرضة للأخطار المحتملة من تغيرات المناخ، ويشمل ذلك التغطية التأمينية للممتلكات (المباني - السيارات - السفن - الطائرات) أو المحاصيل الزراعية، التأمين ضد مخاطر قطع الإمدادات، التأمين ضد مخاطر انقطاع الكهرباء أو المياه أو الغاز، التأمين ضد مخاطر فقد المعلومات من شبكات الحاسب الآلي في حالات انقطاع التيار، وكذا مجموعة واسعة من التغطية التأمينية ضد المخاطر الصحية والتأمين على الحياة (Mills, 2005)، كما أوضح تقرير الهيئة الحكومية لتغير المناخ أن خسائر شركات التأمين في الحوادث المتعلقة بالظواهر المناخية، كالأعاصير والزلازل، قد تؤدي بشركات التأمين إلى حالات الإفلاس، أو إلى ارتفاع تكلفة التأمين، التي سوف يتحملها في النهاية المستهلكون، ما يؤدي إلى ارتفاع التكلفة والتأثير سلبا في الاقتصاد العالمي.

ونتيجة لتنامي الوعي بتلك المخاطر داخل دوائر الأعمال، فقد سعت معظم الشركات الكبرى إلى خفض الانبعاثات الناتجة عن عملياتها إما بشكل طوعي وإما تحت الضغوط التشريعية التي قامت بها بعض الحكومات في إطار التزاماتها ببروتوكول كيوتو. لذا فقد انتشر أخيرا تعبير «بصمة الكربون Carbon Footprint» في أدبيات الإدارة البيئية، وهو يعني كمية انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن أنشطة المؤسسة مهما كانت نوعية النشاط الاقتصادي الذي تمارسه. وقد طورت مجموعة من المنهجيات الخاصة بكيفية حساب هذه البصمة الكربونية، من أهمها تلك المنهجية التي طورها المجلس العالمي للأعمال من أجل التنمية المستدامة (WBCSD)، والتي أصبحت دليلا واسع الانتشار على كيفية حساب تلك البصمة داخل مؤسسات الأعمال على مستوى العالم، كما تقوم المنظمة العالمية للمواصفات القياسية (ISO) حاليا بتطوير منهجية قياسية لحساب الانبعاثات الكربونية على مستوى مؤسسات الأعمال من خلال المواصفة القياسية المعروفة باسم (ISO 14064) ضمن سلسلة مواصفات نظم الإدارة البيئية المعروفة باسم (ISO14000)، كما بدأت الشركات الكبرى في الإعلان عن تلك البصمة الكربونية ضمن تقاريرها السنوية تحقيقا لمبدأ الشفافية؛ تماما كما يتم الإعلان عن الأداء المالي والاقتصادي لتلك الشركات، ومن هنا فقد أصبح هدفا للعديد من مؤسسات الأعمال في العالم العمل على خفض البصمة الكربونية لأنشطتها والإعلان عن

المبادرات التي تقوم بها لتحقيق ذلك. كما يُستعان بكبرى شركات المراجعة والتدقيق العالمية للتأكد من صحة تلك البيانات ومصداقيتها، وحدث أخيرا أن أدخلت بعض المؤسسات المالية العالمية المتخصصة في حساب مؤشرات البورصات العالمية منذ عام 2007 معيار التصدي للتغيرات المناخية ضمن معايير ترتيب تنافسية الأسهم في أسواق الأوراق المالية في العالم، حيث طلبت مؤسسة FTSE من شركات البترول الكبرى وخطوط الطيران العالمية وغيرها ضرورة أن تتضمن خططها خفض انبعاثات الكربون بمعدل 2.5% سنويا، وأن تُنشَر السياسات والإجراءات التي تتخذ لتحقيق ذلك حتى يمكن إدراج أسهم تلك الشركات في القوائم العالمية التي تتمتع بمصداقية كبيرة في أسواق المال (FTSE, 2007)، وقد سارعت العديد من مؤسسات الأعمال في العالم بالسعي نحو خفض البصمة الكربونية لأقل مستوى ممكن وذلك من خلال عدد من الإجراءات والسياسات منها:

1 - بدائل الطاقة المتجددة

وهي مصادر الطاقة النظيفة التي لا ينتج عنها أي انبعاثات مثل الطاقات المتجددة كالشمس والرياح وطاقة باطن الأرض، وبدائل الوقود المنتج من الكتلة الحيوية، مثل إنتاج الكحول من قصب السكر والذرة واستخدامه وقودا على نطاق واسع في كل من البرازيل والولايات المتحدة، علاوة على طاقة الهيدروجين التي تُطوَّر حاليا لتحل محل منتجات البترول في المستقبل المنظور. وقد تطورت العديد من تقنيات الطاقة المتجددة في السنوات الأخيرة وانتقلت من مراحل البحث والتطوير إلى مراحل الانتشار التجاري الذي اجتذب العديد من الشركات ورؤوس الأموال، وقد ساعد ذلك على خفض التكلفة الاستثمارية الأولية لمعظم تلك التقنيات التي كانت دائما تشكل أحد المعوقات الأساسية لنشر استخداماتها خاصة في ظل المعاملة التفضيلية السعرية التي تتلقاها مصادر الوقود الأحفوري الأخرى كالفحم والنفط في العديد من الأسواق، خاصة في الدول النامية حيث تُدعم أسعار الطاقة المنتجة من المصادر الأحفورية بدرجات كبيرة. وينطبق ذلك على معظم الدول العربية وجميع دول الخليج حيث تُدعم أسعار جميع منتجات الطاقة مما لا يدع مجالا للمنافسة أمام بدائل الطاقة المتجددة. وقد أصبح الاستثمار في صناعات الطاقة المتجددة واحدا من فرص الاستثمار الواعدة في الأسواق العالمية، حيث بلغ حجم هذا الاستثمار في عام 2004 نحو 30 بليون دولار أمريكي (REN21, 2005).

ومن العوامل المساعدة على نشر تقنيات الطاقة المتجددة ارتفاع أسعار البترول في العالم، التي تشهد حاليا معدلات غير مسبوقة سوف تحسن من اقتصادات الطاقات البديلة، التي لم يكن لها وجود في الأسواق حينما كانت أسعار البترول عند مستوياتها التي سادت من قبل خلال السنوات الخمسين الماضية.

2 - التشجير ومنع إزالة الغابات في العالم

من المعروف أن الغابات لها دور لا غنى عنه في دورة الكربون في الطبيعة من خلال امتصاص ثاني أكسيد الكربون، لكن الأنشطة البشرية قد ساهمت في القضاء على تلك الغابات وتدميرها، وتقدر مساحة الغابات التي أُزيلت في العالم بنحو 130 هكتارا خلال العقد الماضي، ولتعويض تلك المساحة فإنه من المطلوب زراعة حوالي 140 مليار شجرة، لذلك فإن مشروعات التشجير تعد من أهم البدائل المتاحة للحد من مشكلة تغير المناخ. والجدير بالذكر أن أول جائزة نوبل للسلام في العالم في مجال البيئة عام 2004، كانت قد منحت للدكتورة ماساي من كينيا بسبب زعامتها لحركة الحزام الأخضر في كينيا، التي تهدف إلى حماية الغابات وإعادة زراعة المناطق التي أُزيلت. ولقد أعلنت الدكتورة ماساي في أثناء حضورها مؤتمر تغير المناخ الذي عقد أخيرا في كينيا عن مبادرة لزراعة بليون شجرة على مستوى العالم، بمشاركة من كل شعوب العالم وبدعم من برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP, 2007).

3 - تقنيات تحسين كفاءة الطاقة

تطورت تلك التقنيات بعد صدمة الطاقة الأولى في العالم عام 1973، وانفق العالم مئات الملايين من الدولارات لتطويرها ونشر استخدامها وإزالة المعوقات الفنية والتشريعية والاقتصادية التي تحول دون تحقيق ذلك، وتنوعت تلك التقنيات لتشمل معظم القطاعات المنتجة والمستهلكة للطاقة، ففي قطاع إنتاج الطاقة، تطورت تقنيات تكرير البترول لتحقق إنتاجا أكبر من منتجات البترول مع وفر كبير في الطاقة المستهلكة، وذلك من خلال تطوير العمليات الإنتاجية ذاتها مع تقليل الفاقد باستخدام مواد عزل أكثر كفاءة وتحسين كفاءة الاحتراق في المراجل البخارية والأفران، وتحسين عملية التبادل الحراري داخل معامل التكرير لتحقيق الاستفادة القصوى من الحرارة المتاحة والتقليل من فقدانها، وساعد على ذلك بالطبع التطور الهائل الذي تحقق في صناعة الإلكترونيات والحواسب الآلية.

وفي محطات توليد الكهرباء تحسنت كفاءة التوليد لتصل إلى أكثر من 65% بعد أن كانت في حدود 30% نتيجة استخدام الدورة المركبة والتوربينات الغازية. وأدى ذلك إلى خفض كبير في كميات الوقود المستهلكة لإنتاج كيلو واط/ ساعة من الكهرباء، فعلى سبيل المثال ارتفعت كفاءة توليد الكهرباء في مصر، بحيث بلغ الوقود المستهلك لإنتاج كيلوواط/ ساعة حوالي 220 جم في الوقت الراهن، مقارنة بنحو 380 جم عام 1985، مما يعنى تحسنا في الكفاءة بلغ نحو 72%، وقد أدى ذلك بالطبع إلى تحسن كبير في اقتصادات توليد الكهرباء، وكذا خفض ملحوظ في حجم الانبعاثات الملوثة للبيئة.

أما في قطاعات الاستهلاك الرئيسية، مثل الصناعة والنقل والقطاع المنزلي والتجاري، فقد أدى انتشار استخدام التكنولوجيات عالية الكفاءة إلى وفورات هائلة في الطاقة المستهلكة،

ففي الصناعات الكيميائية، التي تعد من القطاعات الأكثر استهلاكا للطاقة، بلغ معدل التحسن في الكفاءة نحو 30% في بعض الصناعات نتيجة التحكم الجيد في العمليات الإنتاجية، وتقليل الفاقد، واستخدام مواد متطورة في بناء تلك المصانع، وفي صناعة الحديد والصلب، حيث تبلغ تكلفة استهلاك الطاقة نحو 40% من إجمالي التكلفة، تشير التقديرات إلى أنه يمكن خفض استهلاك الطاقة اللازمة لإنتاج طن من الصلب بنسبة تصل إلى نحو 30%، وقد ساهم في ذلك الاتجاه المتزايد لإعادة استخدام الحديد (الخردة) في تصنيع الصلب. وفي صناعة الأسمنت، وهي أيضا من الصناعات كثيفة استخدام الطاقة؛ فقد أدت التحسينات التكنولوجية إلى تحقيق وفر هائل في الطاقة المستهلكة نتيجة جودة التحكم في العمليات الإنتاجية واسترجاع الحرارة المفقودة في الأفران وإعادة استخدامها.

وفي القطاع المنزلي والتجاري، حيث تمثل الإضاءة وعمليات التكييف والتدفئة الطلب الأكبر، فإن انتشار استخدام تكنولوجيات الطاقة عالية الكفاءة قد أدى إلى تحقيق وفورات ضخمة في الطاقة المستهلكة في هذا القطاع، خاصة في اليابان والولايات المتحدة الأمريكية ومعظم بلدان أوروبا الغربية. وانتشر استخدام وتطبيق مفاهيم «العمارة الخضراء» - وهي العمارة عالية الكفاءة في استخدام الطاقة من حيث الاعتماد المتزايد على الظروف المناخية السائدة في التهوية والإضاءة والبعد عن الإضاءة الصناعية، واستخدام أجهزة التكييف - إلا في أضيق الحدود، كما أدى انتشار تكنولوجيات الإضاءة عالية الكفاءة إلى خفض استهلاكات الطاقة في المباني التجارية والمنازل والشوارع وكل المنشآت الخدمية في المدن.

أما في قطاع النقل فقد تحسنت كفاءة استهلاك الوقود بدرجة كبيرة نتيجة تحسين مواصفات الطرق، والإدارة الجيدة للمرور، والتخطيط العمراني الجيد، والاتجاه نحو تحسين كفاءة وسائل النقل الجماعي وتشجيع استخدامها، هذا بالإضافة طبعا إلى التطور التكنولوجي الهائل في صناعة السيارات والمحركات واستخدام نتائج ثورة الاتصالات والمعلومات في أساليب التحكم في استهلاك الوقود وتقليل الانبعاثات الملوثة للبيئة، وتسابق مصنعو السيارات في إنتاج أجيال جديدة من المركبات صديقة للبيئة، ومازال هذا الاتجاه سائدا، حيث تشير التقديرات إلى أن سيارات الركوب ستحقق تحسنا في الكفاءة بنسبة 40% حتى عام 2010، وسوف يمتد الاتجاه أيضا إلى سيارات النقل والقطارات والطائرات (حسنين، 2004).

كما لم تقتصر مبادرات الشركات على خفض البصمة الكربونية لأنشطتها، بل تعدى ذلك إلى ما يعرف بسلسلة الإمداد (Supply Chain)، وهي توجه الشركات إلى التعاون مع شبكة من الموردين ذات بصمة كربونية أقل، مثل شركات النقل والشركات الموردة للخامات ومواد التعبئة والتغليف وخلافه. وقد أصبح ذلك التوجه يمثل أيضا تحديا للشركات الصغرى والمتوسطة، التي تمثل شبكة الموردين للشركات والمؤسسات الكبرى. فعلى سبيل المثال وضعت شركة ديل

للحاسبات آلية هدفا لتخفيض الانبعاثات الكربونية بنسبة 15% بحلول عام 2012، وذلك بالتعاون مع الموردين والمصنعين لأجهزتها من الحواسب، من خلال الطلب إليهم ضرورة إصدار تقارير ربع سنوية توضح انبعاثاتهم الكربونية، هادفة إلى إنتاج الحاسب الآلي الأكثر صداقة للبيئة على مستوى العالم. أما المثال الثاني، الذي يعكس أهمية أن تقوم الشركات الكبرى بمبادرات لخفض انبعاثات شبكة مورديها، فهو شركة وول مارت (Wal-Mart)، وهي أكبر شبكة لمحلات التجزئة في العالم، ولها شبكة موردين تصل إلى 68 ألف مورد، حيث بدأت في الطلب من مورديها خفض انبعاثاتهم الكربونية وإصدار تقارير بذلك كشرط للتعامل معهم. كما أعلنت الشركة ذاتها هدفا لخفض استخدام مواد التعبئة والتغليف بنسبة 5% بحلول عام 2013 (http://supplychainnetwork.com) .

وفي دراسة نشرت أخيرا حول أهم المبادرات لقطاع الأعمال في مجال التصدي لمخاطر التغيرات المناخية، فقد تبين أن هناك مبادرات رائدة من الممكن أن تمثل نموذجا يمكن أن يحتذى في كيفية تنفيذ ذلك (Ethical Corp., 2007)، وسوف يجري استعراض أهم تلك المبادرات في الجزء التالي:

A - شركة Statoil

وهي من كبرى شركات البترول العالمية والرائدة في الاستفادة من تقنية جمع وتخزين ثاني أكسيد الكربون من أحد حقول البترول أسفل بحر الشمال منذ عام 1996، وتهدف الشركة إلى خفض 1.5 مليار طن من انبعاثاتها الكربونية بحلول عام 2010، كما تقوم الشركة ببيع خليط من الوقود الأحفوري والوقود الحيوي في محطات التموين المملوكة لها في كل من السويد والنرويج.

B - شركة Cosan

وهي شركة برازيلية تعد الأولى في العالم في إنتاج الإيثانول المستخرج من قصب السكر بديلا عن النفط، وتعد البرازيل أكبر دولة في العالم في إنتاج واستخدام الإيثانول الحيوي، حيث يبلغ إنتاجها نحو 4.5 مليار جالون سنويا، وقد بدأت حكاية البرازيل مع الإيثانول منذ أوائل الثمانينيات حينما استخدم وقودا للسيارات بعد خلطه بالجازولين بنسب مختلفة، بعد أن أمكن ذلك بسبب التطور التكنولوجي في صناعة المحركات. ومن بين كل عشر سيارات تسير الآن في شوارع البرازيل فإن ثمانيا منها تعمل بوقود الإيثانول، حتى أن نسبة هذه السيارات قد بلغت نحو 62% من جملة مبيعات السيارات الجديدة عام 2005 (عبدالجليل، 2007).

C - شركة Iberdrola

وهي شركة إسبانية، الأكبر في العالم في إنتاج الطاقة من مصادر متجددة، تملك قدرات توليد كهربائية تبلغ نحو 44 ميجاواط من طاقات الرياح والشمس، وطاقة الكتلة الحيوية والطاقة المائية، كما امتد نشاط الشركة ليشمل السوق الأوروبية والسوق الأمريكية.

D - شركة Johnson Matthey

وهي الشركة الكبرى في العالم في إنتاج مكونات خلايا الوقود، وهي التقنية الأساسية لتطوير الاقتصاد القائم على طاقة الهيدروجين في العالم، كما أنها الشركة التي تنتج نحو ثلث الإنتاج العالمي من المحفزات المستخدمة في العمليات الصناعية لخفض انبعاثات المركبات العضوية الطيارة، والتي تستخدم أيضا في المحولات الحفازة في المركبات لخفض الانبعاثات.

E - شركة SKF

وهي أكبر شركة في العالم في إنتاج رولمان البلي (Ball Bearings) المستخدم في مئات من التطبيقات الصناعية مثل معامل تكرير النفط والعديد من الصناعات ووسائل النقل، بما في ذلك أكبر وأحدث طائرة في العالم، وهي الإيرباص 380، وتعمل الشركة على تحسين كفاءة استخدام الطاقة عند استخدام منتجاتها، كما تهدف هذه الشركة إلى خفض إنبعاثاتها الكربونية بمعدل 5% سنويا.

F - بنك HSBC

وهو ثالث أكبر بنك على مستوى العالم، وقد أعلن أنه يهدف إلى أن يصبح متعادل الكربون، أي لا تتصدر عن أنشطته أي انبعاثات، أو أن يقوم بشراء شهادات خفض الانبعاثات تعادل الانبعاثات الناتجة عن عملياته التي لا يمكن تجنبها.

G - شركة Lafarge

وهي من كبرى شركات إنتاج الأسمنت في العالم، ومن المعروف أن صناعة الأسمنت تسهم بنحو 5% من الانبعاثات الكربونية في العالم. وقد التزمت الشركة بخفض الانبعاثات الناتجة لكل طن من الأسمنت المنتج على مستوى العالم بنسبة 20% بحلول عام 2010. كما خصصت الشركة 11% من ميزانية البحث لتطوير تقنية جمع وتخزين الكربون، كما تعمل على تحسين كفاءة الطاقة في عمليات صناعة الأسمنت باستخدام العديد من بدائل الوقود، خاصة حرق المخلفات وإطارات السيارات المستعملة ومخلفات زراعة الأرز، وقد وضعت هدفا لإحلال 14% من الوقود المستخدم بتلك البدائل بحلول عام 2010.

H - شركة شارب اليابانية

هي الشركة الرائدة في العالم في صناعة الخلايا الشمسية، كما أنها التزمت بأن تكون عملياتها متعادلة كربونيا بحلول عام 2010، ويعد مصنعها المقام في اليابان واحدا من أكبر مصانع العالم تقدما في مجال تحسين كفاءة الطاقة والحفاظ على البيئة.

I - شركة Delta Electronics

وهي من كبرى شركات إنتاج المكونات الإلكترونية في العالم، ومورد أساسي لشركات إنتاج الحواسب الآلية مثل IBM، HP، Dell وغيرها، وتقوم الشركة بتحسين كفاءة استخدام الطاقة

في تلك المكونات، كما تقوم بإنتاج العديد من تقنيات تحسين كفاءة الطاقة، وكذا مكونات تقنيات الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية وخلايا الوقود.

J - شركة فولكس واجن أمريكا

التزمت الشركة بتحمل تكلفة خفض الانبعاثات الناتجة عن كل سياراتها المبيعة في السوق الأمريكية لمدة 4 أشهر اعتبارا من أول سبتمبر 2007، وذلك بإعادة تشجير منطقة في ولاية لويزيانا الأمريكية بزراعة 250 ألف شجرة، ومن المخطط أن يحقق ذلك وفرا قدره 372 ألف طن من الانبعاثات.

K - شركة تويوتا

وتعد تويوتا الرائدة في العالم في تسويق السيارة الهجين المعروفة باسم Prius، وقد بِيع نحو 24 ألف سيارة في شهر مايو 2007 فقط في السوق الأمريكية.

L - شركة Du Pont

وهي من كبرى الشركات الكيميائية في العالم، وقد أعلنت التزامها بخفض الانبعاثات بنحو 65% بحلول عام 2010 مقارنة بمستويات 1990.

M - شركة جنرال إلكتريك

وهي من الشركات الكبرى في العالم في إنتاج الأجهزة المنزلية والإلكترونية، وقد أعلنت الشركة عن خطة تسمى Ecomagination تهدف إلى مضاعفة إيراداتها من مبيعات السلع صديقة البيئة، مثل معدات الطاقة المتجددة، وذلك بحلول عام 2010.

N - شركة شل

وضعت الشركة هدفا لخفض انبعاثاتها من غازات الاحتباس الحراري بنسبة 10%عن مستويات عام 1990، وذلك بحلول عام 2002، وذلك من خلال مجموعة كبيرة من الإجراءات في عملياتها في الدول المتقدمة. أما في الدول النامية فإن الشركة تسعى إلى تجربة مدى إمكان المساهمة في آلية التنمية النظيفة في إطار بروتوكول كيوتو، وذلك بتنفيذ مشروعات في الدول النامية التي تعمل فيها، كما تعمل الشركة أيضا على تطوير عملياتها في مجالات الطاقة المتجددة خاصة طاقة الهيدروجين.

O - شركة Dow Chemicals

وضعت الشركة هدفا لتحسين كفاءة الطاقة بها بنسبة 20% خلال الفترة من 1995 إلى 2005 ، وذلك من خلال العديد من الإجراءات والتقنيات، منها تكنولوجيا «التوليد المشترك»، وكذا تطوير واستخدام مواد جديدة تصنَّع من خامات متجددة مثل تصنيع بعض أنواع المواد المشابهة للبلاستيك وذلك من محصول الذرة، ويؤكد ذلك التزام المجتمع الصناعي بتطوير عملياته ومنتجاته لكي تتوافق مع المعايير البيئية التي يتزايد استخدامها كل يوم على مستوى العالم.

P - شركة فورد لصناعة السيارات

عقدت مجموعة «فورد» لصناعة السيارات اتفاقا طوعيا مع الاتحاد الأوروبي تقوم بمقتضاه الشركة بخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن السيارات بنسبة 25%خلال عشر سنوات. ولتحقيق هذا الهدف فإن صناعة السيارات سوف تتحول خلال السنوات العشر القادمة إلى تكنولوجيات جديدة تماما في مقدمها تكنولوجيا «خلايا الوقود».

ولقد أعلنت «فورد» أنها سوف تطرح في الأسواق أول سيارة تعمل بخلايا الوقود خلال الفترة من 2008 إلى 2012 ، وهي فترة الالتزام بأهداف بروتوكول كيوتو للدول الصناعية.

كما تبنت الشركة سياسة جديدة تعتمد على مساعدة الحكومات في تقديم خدمات النقل بشكل عام وعدم الاقتصار على إنتاج السيارات بأنواعها. كما تعتمد استراتيجية الشركة على أهمية الاتفاقات الطوعية مع الحكومات بعيدا عن سياسات الإلزام بالمعايير البيئية التي كانت سائدة في مجال الإدارة البيئية لسنوات طويلة.

7- تغير المناخ وقطاع الأعمال : الفرص

كان على قطاع الأعمال أن يحول كل تلك التحديات الناشئة عن التغيرات المناخية المتوقعة إلى فرص جديدة للاستثمار وتطوير مجموعة كبيرة من التقنيات، بالإضافة إلى قيام سوق جديد واعد لم يكن قائما من قبل، وهو سوق الكربون العالمي.

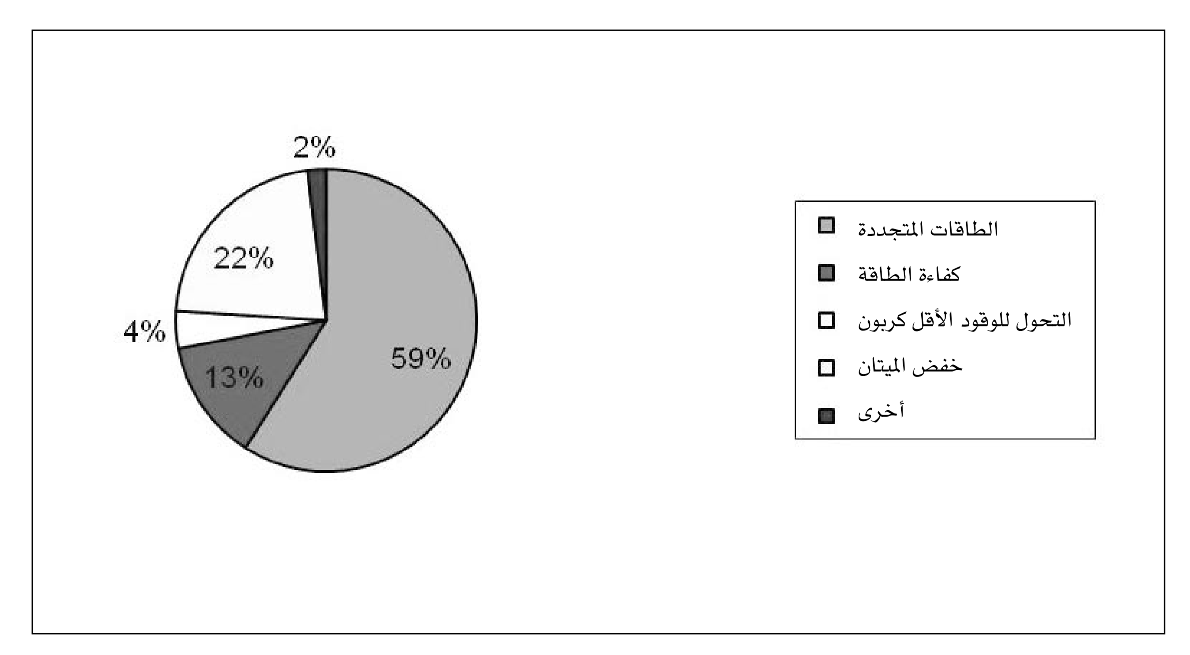
7 - 1 - فرص الاستثمار

خلقت قضية تغيرات المناخ فرصا عديدة وجديدة للاستثمار في مجالات لم تكن موجودة من قبل، مثل الاستثمار في صناعات تحسين كفاءة الطاقة ومشروعات إعادة التشجير وصناعات الطاقة المتجددة، كما أعطت تلك القضية دفعة جديدة لصناعة الطاقة النووية. كما خلقت تلك القضية مجموعة كبيرة من الوظائف والمهن من المتخصصين المطلوبين لتخطيط وتنفيذ مبادرات مواجهة التغيرات المناخية في الشركات ومؤسسات الأعمال خاصة في القطاعات الأكثر تعرضا مثل صناعات الوقود الأحفوري (الفحم - النفط - الغاز)، صناعة السيارات وشركات التأمين، وصناديق الاستثمار والقطاع المصرفي، كما أنشئ العديد من الشركات الجديدة في مجالات الاتجار في انبعاثات الكربون، سواء الشركات الاستشارية أو شركات السمسرة أو صناديق الاستثمار في الكربون.

7 - 2 - صناعات الطاقة المتجددة

حظيت صناعات الطاقة المتجددة أخيرا بمجموعة من العوامل الإيجابية التي ساهمت في إعطاء دفعة لنشر تلك التقنيات على مستوى العالم، وكان من أهم تلك العوامل المخاوف المستمرة المحيطة بقضية تأمين إمدادات الطاقة الأحفورية لدى الدول الصناعية الكبرى في أوروبا وأمريكا واليابان،

خاصة أن معظم تلك الإمدادات تأتي من مناطق تتسم بعدم الاستقرارالسياسي، لذا فقد عمدت تلك الدول إلى وضع خطط طويلة الأجل لتقليل اعتمادها على النفط المستورد من الخارج. ثم جاء القلق المتزايد من المخاوف الناشئة عن التغيرات المناخية المتوقعة ليعطي دفعة كبيرة لمصادر الطاقة المتجددة، التي تتميز بنظافتها من ناحية انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، لذا فقد أصبحت واحدة من أهم استراتيجيات خفض الانبعاثات في العالم، ثم كان دخول بروتوكول كيوتو حيز التنفيذ حافزا إضافيا لدى الدول لنشر استخدامات تلك التقنيات ضمن خططها للوفاء بالتزاماتها في إطار البروتوكول، وقد أضافت آلية التنمية النظيفة، في إطار البروتوكول، بعدا مهما لصناعات الطاقة المتجددة، حيث تتمتع الدول النامية باحتمالات جيدة من هذه الطاقات تؤهلها للمشاركة في هذه الآلية، وقد بلغت مساهمة مشروعات الطاقة المتجددة نحو 59% من إجمالي عدد المشروعات المسجلة في آلية التنمية النظيفة حتى الآن (الشكل 3).



الشكل (٣): نسب مشروعات الطاقة المتجددة في آلية التنمية النظيفة

ويشير آخر التقارير إلى أن حجم الاستثمارات في تقنيات الطاقة المتجددة قد بلغ نحو 38 مليار دولار في عام 2005، كما احتلت خمس دول هي الصين وألمانيا والولايات المتحدة وإسبانيا والهند قائمة الدول الأكثر استخداما لتلك التقنيات في العالم. ولقد تطورت أسواق الطاقة المتجددة في بعض دول العالم في السنوات الأخيرة. خاصة طاقة الرياح التي تمثل حاليا نحو 20% من إجمالي الكهرباء المولدة في الدنمارك، ونحو 4% في ألمانيا، كما زاد التوسع في استخدامها في كل من إسبانيا والهند ومصر وغيرها. كما أعلنت 49 دولة خططا وأهدافا

لترويج تقنيات الطاقة المتجددة منها دول عربية هي: مصر، الجزائر، المغرب، تونس، الأردن وسورية (REN 21, 2005).

وهكذا تحولت قضية التغيرات المناخية إلى فرصة جيدة للاستثمار في مجالات الطاقة المتجددة، حتى أن الطلب على مكونات مزارع الرياح لتوليد الكهرباء قد فاق الطاقة الإنتاجية المتاحة في العالم، وأصبحت هناك قوائم انتظار لدى الموردين لتلك التقنيات، وهي ظاهرة جديدة لم يعرفها السوق من قبل.

وهنا يجب أن نشير إلى المبادرة الأولى من نوعها في منطقة الخليج التي أطلقتها حكومة أبوظبي والمعروفة باسم «مصدر»، التي تهدف إلى ترويج استخدام تلك التقنيات والعمل على الاستفادة من الفرص المتاحة في أسواق الكربون العالمية.

7-3 - صناعات الطاقة النووية

منذ حادث تشرنوبيل بالاتحاد السوفييتي السابق عام 1986، شهدت صناعة المحطات النووية لتوليد الكهرباء عدة تحولات جذرية في أساليب بنائها خاصة ما يتعلق منها بالأمان وحماية البيئة وكيفية التخلص مما ينتج عنها من نفايات مشعة. ولقد كان ذلك طبيعيا إزاء ثورات الغضب الشعبي التي اجتاحت العديد من دول العالم ضد وجود تلك المحطات يقودها في الغالب جماعات الخضر في أوروبا وأمريكا واليابان، وشهدت نهاية الثمانينيات فترة ركود وتباطؤ في حركة بناء محطات نووية جديدة لكن الشركات المالكة لتلك التكنولوجيات راحت تسابق الزمن لإنتاج جيل جديد من المفاعلات يمحو من الذاكرة الصورة المرعبة للطاقة النووية، التي رسخت في أذهان الناس بعد حادث تشرنوبيل.

ويوجد حاليا في العالم نحو 441 محطة نووية تعمل في 31 دولة تنتج ما قيمته نحو 368 مليار كيلوواط/ ساعة من الكهرباء، أو ما يعادل 16% من إنتاج الكهرباء في العالم، كما يجري بناء 27 محطة جديدة في 11 دولة، منها 8 محطات في الهند (IAEA, 2006).

وتعتبر فرنسا الدولة الأولى في العالم التي تمثل الطاقة النووية فيها أعلى نسبة من البدائل المختلفة لتوليد الكهرباء، إذ تبلغ تلك النسبة نحو 75% من إجمالي الكهرباء المولدة في فرنسا، وعلى الرغم من المخاطر الذي مازالت تحيط بالطاقة النووية إلا أنها تتميز بأنها من المصادر التي يمكن الاعتماد عليها لفترات طويلة حيث لا تتأثر بالتقلبات التي تحدث في سوق البترول العالمي الذي وصلت أسعاره أخيرا إلى مستويات غير مسبوقة سوف يكون لها تأثير كبير في الاقتصاد العالمي خلال السنوات القادمة، كما أثبتت الدراسات أن تكلفة إنتاج الكهرباء من المحطات النووية قد أصبحت تنافس المصادر التقليدية الأخرى، مثل الفحم والبترول والغاز. وفي أعقاب الاتفاق على بروتوكول كيوتو لمواجهة التغيرات المناخية فقد فتحت أبوابا جديدة لصناعة المحطات النووية، حيث من المعروف أن تلك المحطات لا يصدر عنها أي انبعاثات

كربونية، وبالتالي فهي واحدة من البدائل (النظيفة) التي يسعى العالم الآن إلى التحول لها. ففي دراسة نشرت أخيرا وجد أن الانبعاثات الصادرة عن محطة Torness النووية في إنجلترا ينبعث منها ما يعادل نحو 5 جرامات من ثاني أكسيد الكربون لكل كيلوواط ساعة من الكهرباء المولدة، وذلك مقارنة بما يعادل 900 جرام ثاني أكسيد الكربون لكل كيلوواط ساعة من الكهرباء المولدة في المحطات التقليدية التي تدار بالفحم.

وعلى الرغم من ذلك فإن الحوار حول الطاقة النووية مازال ساخنا حول العالم، حيث يرى كثيرون أن صناعة الطاقة النووية لم تتمكن حتى الآن من إيجاد حلول آمنة لمشكلة النفايات النووية المشعة والتي تشكل خطورة بالغة على صحة الإنسان والبيئة، كما أن اليورانيوم وهو وقود تلك المحطات، مصدر غير متجدد مثله مثل باقي المصادر الأحفورية الأخرى. هذا إضافة إلى التخوفات السياسية والأمنية الناشئة عن احتمالات انتشار الأسلحة النووية في العالم.

هذا وقد رأينا خلال الشهور الماضية توجها إقليميا نحو استخدام تلك التقنية لتوفير إمدادات الكهرباء والماء، مما سوف يعطي دفعة جديدة لهذه الصناعة في المستقبل القريب.

7 - 4 - سوق الكربون العالمي

تضمن بروتوكول كيوتو ثلاث آليات تعرف باسم آليات كيوتو، وهي إجراءات يمكن من خلالها إعطاء مرونة أكبر للدول الصناعية للوفاء بالتزاماتها طبقا للبروتوكول. ومن أهم هذه الآليات ما يعرف بآلية التنمية النظيفة، التي يمكن من خلالها للدول الصناعية أن تتعاون مع الدول النامية في الحد من الانبعاثات من خلال تقديم المساعدات المالية والفنية. كما يمكن للدول النامية أن تستفيد من أي إجراءات طوعية تقوم بها للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وذلك من خلال بيع ما تم خفضه من انبعاثات لدولة من الدول الصناعية بحيث يخصم من حصتها مقابل ما تم دفعه لشراء هذه الحصص.

وقد تطور عدد المشروعات المشاركة في هذه الآلية في مراحلها المختلفة من 114مشروعا عام 2005 إلى أن وصل حاليا لنحو 1200 مشروع حتى أوائل نوفمبر 2006، وتقدر كميات الكربون المتوقع خفضها نتيجة تنفيذ هذه المشروعات بنحو 1.4مليار طن حتى عام 2012 . (UNFCCC, 2007)

وقد لوحظ تدني مشاركة الدول العربية في هذه الآلية، فبينما بلغت مشاركة الهند وحدها بعدد 118 مشروعا تمثل نحو 31% من إجمالي عدد المشروعات المسجلة وعددها 654 مشروعا، فقد اقتصرت مشاركة الدول العربية على كل من مصر وتونس والمغرب وقطر بإجمالي مشروعات لا يزيد عددها على 6 مشروعات منها 3 مشروعات في المغرب ومشروع واحد في كل من مصر وتونس وقطر (الجدول 1).

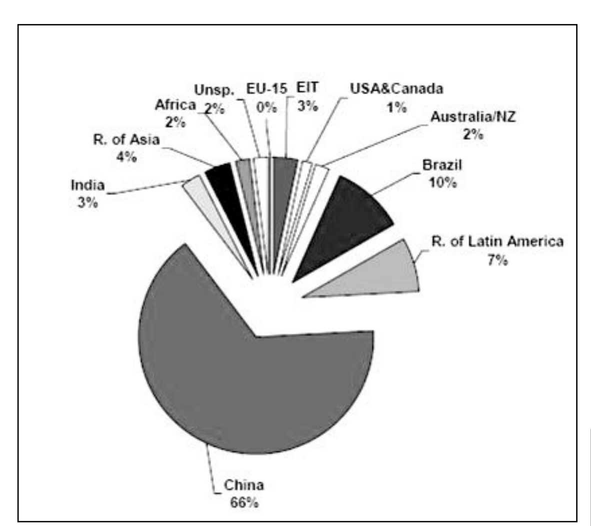
Table 1: CDM projects in the Arab Countries (2007)

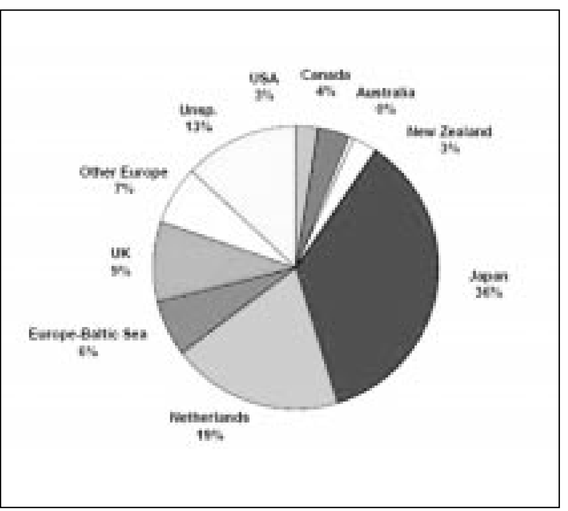
Registed	Host country	Title	Parties
15th Dec 2006	Egypt	Onxy Alexandria Landfill Gas Capture and Flaring	Spain France
7th Oct 2006		Catalytic N2O Destruction Project in the Tail Gas of the Nitric Acid Plant of Abu Qir Ferti-lizer Co.	Austria Germany
22th June 2007		Zafarana Wind Power Plant	Japan
23th Sep 2005	Morocco	Tetouan Wind Farm Project for La Farge Cement Plant	France
29th Oct 2005		Essaouira Wind Power Project	-
28th April 2006		Photovoltic Kitsto Light up Rural House Holds	-
6th Oct 2002	Tunisia	Djebel Chkir Landfill Gas Recovery and Flaring Project	Italy
23th Nov 2006		Landfill Gas Recovery and Flaring for 9 Bundled Landfills	Italy
29th May 2007	Qatar	Shaheen Oil Field Gas Recovery and Utilization Project	

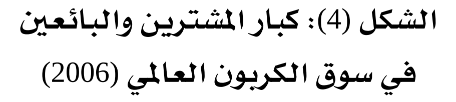
وقد ترتب على تنفيذ تلك الآليات قيام سوق عالمي للاتجار في حصص خفض انبعاثات الكربون، يتم من خلاله بيع وشراء هذه الحصص طبقا لمعطيات العرض والطلب. وقد زاد نشاط هذا السوق بعد دخول بروتوكول كيوتو حيز التنفيذ. ويقدر البنك الدولي حجم الاتجار في الانبعاثات عام 2006 بنحو 30 مليار دولار، وتشارك حاليا في هذا السوق مجموعة كبيرة من المؤسسات المالية والبنوك والشركات والحكومات، وكان البنك الدولي ذاته من أوائل المشاركين من خلال «صناديق الكربون» التي تضاعف حجم عملياتها من 415 مليون دولار عام 2004 إلى 915 مليون دولار في العام التالي.

كما أنشأ الاتحاد الأوروبي نظاما خاصا به للاتجار في الانبعاثات تشارك فيه 25 دولة أعضاء في الاتحاد من خلال 12 ألف منشأة صناعية ومحطة توليد كهرباء، بهدف الوفاء بالتزامات الدول الأوروبية في إطار بروتوكول «كيوتو».

وقد كانت الصين في مقدمة الدول النامية المستفيدة من هذا السوق كبائع بنسبة 66% من حجم التعاملات في عام 2005، كما كانت اليابان في مقدمة المشترين بما يعادل نحو 36% من إجمالي عمليات الشراء في العام نفسه (الشكل 4).






Source: World bank LETA, 2006

الشكل (4)**: كبار المشترين والبائعين في سوق الكربون العالمي** (2006)

وقد اجتذب هذا السوق عددا من أكبر صناديق الاستثمار في العالم مثل مورجان ستانلي، الذي وضع خططا لاستثمار نحو 3 مليارات دولار في هذا السوق الواعد خلال السنوات الخمس المقبلة (clean Edge, 2007). كما أنشأت مجموعة من الحكومات صناديق خاصة لتجارة الكربون مثل ألمانيا وكندا وإسبانيا، كما أنشأ عدد من البنوك التجارية صناديق مماثلة. وكان في المقدمة البنك الدولي، الذي كان له السبق في إنشاء وإدارة عدد من صناديق الاستثمار في الكربون يقدر رأسمالها حاليا بنحو ملياري دولار.

الخلاصة

تعد مشكلة التغيرات المناخية أخطر التحديات التي تواجه الجنس البشري خلال القرن الحادي والعشرين، وقد تراكمت المعرفة العلمية منذ أوائل الثمانينيات وحتى الآن، وأزالت جانبا كبيرا من عدم اليقين العلمي الذي كان يصاحب هذه المشكلة، ونتيجة لذلك فقد اتفقت إرادة المجتمع الدولي على التصدي لها من خلال بروتوكول كيوتو الذي دخل حيز التنفيذ في عام 2005، ويهدف إلى خفض انبعاثات غازات الدفيئة المسببة لمشكلة التغيرات المناخية بنسبة 5.2% ما بين عامي 2008 و 2012 وذلك في الدول الصناعية الكبرى.

وقد ترتب على ذلك تنامي وعي مجتمع الأعمال بالمخاطر والتحديات التي تمثلها تلك المشكلة من حيث الأخطار البيئية المتوقعة نتيجة تغير المناخ والارتفاع المتوقع في تكلفة التأمين، وأثرها المباشر في القدرة التنافسية، وكذا تنامي الضغوط من جانب الحكومات والمنظمات غير الحكومية من حيث ضرورة التحول نحو مصادر الطاقة الأقل محتوى من الكربون، وما يمثله ذلك من تحديات تتعلق أيضا بالقدرة التنافسية للشركات في الأسواق العالمية، كما أدرك قطاع الأعمال أن تلك التحديات يمكن أن تشكل - في حد ذاتها - مجموعة من فرص الأعمال خاصة في ما يتعلق بتطوير مجموعة كبيرة من تقنيات الحد من الانبعاثات، مثل تقنيات كفاءة الطاقة وتقنيات الطاقة المتجددة التكنولوجيا النووية وغيرها، كما ترتب على آليات بروتوكول كيوتو خلق سوق جديد متنام للاتجار في انبعاثات الكربون، وصل حجم التعامل فيه حاليا نحو 25 مليار دولار، مما يشكل فرصا جديدة للاستثمار ونقل التكنولوجيا وخلق فرص عمل اجتذبت العديد من صناديق الاستثمار والبنوك العالمية. لكن درجة مشاركة الدول العربية والخليجية في هذا السوق مازالت محدودة رغم توافر فوائض رأسمالية ضخمة بالمنطقة ناتجة عن ارتفاع أسعار النفط.

المصادر :

1 March, Climate Change (2006): Business Risks and Solutions.
2 Elan Mills (2005), "Insurance in a Climate of Change" Science, August, 12, 2005.
3 Clean Edge (2007), Clean Energy Trends.
4 RE21(2006), Changing Climates: The role of renewable energy in Carbon constrained world.
5 RE21, Renewables (2005), global status report.
6 WBSCD (2000), Corporate Social Responsibility.
7 WWW.FTSE4good.com.
8 Al-Moneef, M. (2006). The Contribution of the Oil Sector to Arab Economic Development. OFID. (2005). Arab Economic Unified Report. AEF.
9 Stern review Report (2007), the economics of climate change.
10 IPCC (2007), "Climate Change 2007", IPCC Fourth Assessment Report (AR4).
11 WRI, http://www.wri.org.
12 WHO, Climate Change and Health linkages, http://www.who.int/globalchange/climate/en
13 Rio Declaration, http://www.unep.org/Documents.
14 UNEP, http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=52.
15 Ethical Corp. (2007), the climate change industry takes root.
16 IAEA (2006), Nuclear Technology Review.
17 UNFCCC (2007) http://cdm.unfccc.int/index.html.
18 World Bank and IETA (2006), the state and trends of the carbon market 2006.
19 عبدالجليل، إبراهيم (2007)، ديبلوماسية الإيثانول، مجلة البيئة والتنمية، أبريل 2007.
20 حسنين، صبري (2004)، مستقبل الطاقة، ديوان ولي العهد، أبوظبي، 2004.

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

التغيرات المناخية وأثرها في البيئة

د. ضاري ناصر العجمي (*)

المقدمة

لاحظ علماء المناخ تغيرا في المناخ العالمي منذ بداية النصف الثاني من القرن الماضي، ومنذ ذلك الحين أصبحت التغيرات المناخية مشكلة غاية في الأهمية على المستوى العالمي، نظرا إلى ما يترتب عليها من آثار كثيرة تؤثر في مختلف نواحي الحياة.

وليس من الممكن اعتبار مشكلة التغيرات المناخية مشكلة آنية لمدة عام أو حتى عقد من الزمان، بل إن الدراسات والأبحاث العلمية أكدت أنها ستستمر أعواما طويلة وستؤثر في حياة أبنائنا وأحفادنا، لأن التغيرات المناخية التي حدثت في العقود الأخيرة تختلف كثيرا عن المشكلات البيئية الأخرى، لتداخل هذه التغيرات في جوهر المجتمعات الحديثة، كإسهام المصنع والسيارة وأي منشأة مدنية أخرى، وكل ما تستخدمه البشرية من تقنيات حديثة.

لقد أصبحت التغيرات المناخية مثار الاهتمام بعد أن زاد اهتمام العامة والخاصة بالموضوعات البيئية، لا سيما قضية الأوزون واستنزافه في طبقة الستراتوسفير.

وحتى نلقي الضوء على هذا الموضوع المهم لنا ولأجيالنا القادمة من بعدنا، لابد من إلقاء الضوء عليه بأسلوب سلس ومتدرج، حتى نصل إلى العوامل التي تؤدي إليه والآثار السلبية المترتبة عليه، لذا فسوف يتطرق البحث - باختصار شديد - إلى الحديث عن الغلاف الجوي للأرض - الطقس والمناخ - ظاهرة الدفيئة (الاحتباس الحراري) - الغازات الصوبية - العلاقة بين الأنشطة البشرية والتغيرات المناخية، وأخيرا الآثار السلبية لهذه المشكلة في البيئة وكيفية مواجهتها.

(*) مدير إدارة البيئة والتنمية الحضرية - معهد الكويت للأبحاث العلمية - دولة الكويت.

الغلاف الجوي للأرض Atmosphere

الغلاف الجوي بمعناه البسيط هو «كرة غازية»، ويعود أصل هذه الكلمة إلى الكلمة اليونانية التي تتكون من مقطعين هما Atmo بمعنى غازي، Sphere بمعنى كرة أو غلاف، حيث تحفظ الجاذبية الأرضية هذا الغلاف حول الأرض، الذي يبلغ سمكه حوالي 600 كيلومتر، وهذا الغلاف له العديد من الفوائد، منها حماية الأرض وما عليها من الإشعاعات الصادرة من الشمس نحو الأرض، حفظ درجة الحرارة للكائنات الحية عند معدلها الطبيعي، وإمداد هذه الكائنات الحية بالأكسجين اللازم لحياتها، كذلك إمداد النباتات بغاز ثاني أكسيد الكربون اللازم لتكوين الغذاء عند قيامها بعملية البناء الضوئي.

ويتكون الغلاف الجوي من خليط من الغازات بنسب ثابتة إلى حد كبير، وأهمها الغازات الموجودة في الجدول التالي.

الجدول (1): نسب الغازات المختلفة المكونة للهواء الجوي (1) (*)

المادة	النسبة المئوية بالحجم	المادة	النسبة المئوية بالحجم
النيتروجين	78.09	الزينون	0.00008
الأكسجين	20.94	أكسيد النيتروز	0.000025
الأرجون	0.93	الهيدروجين	0.00005
ثاني أكسيد الكربون	0.0318	الأوزون	0.00002
النيون	0.0018	ثاني أكسيد الكبريت	0.00000002
الهيليوم	0.00052	أول أكسيد الكربون	0.000001
الكريبتون	0.0001	الأمونيا	0.00001

(*) النسب بالجدول وفق تقديرات الجمعية الكيميائية الأمريكية 1965، وبالطبع فإن هذه النسب قد اختلفت كثيرا الآن، كما أن هناك بعض الغازات الصناعية التي زادت بدرجة كبيرة نتيجة عمليات التصنيع المختلفة.

يتكون الغلاف الجوي من عدة طبقات (تقسيمات نظرية رأسية وفق تغير درجة الحرارة مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر) وهذه الطبقات هي: الطبقة اللصيقة (التروبوسفير)، الطبقة المحيطة (التراتوسفير)، الطبقة الوسطى (الميزوسفير)، الطبقة الحرارية (الثرموسفير)، الطبقة المتأينة (الأيونوسفير) وأخيرا الطبقة الخارجية (الإكزوسفير). وبخلاف الطبقتين اللصيقة والمحيطة - التي لها علاقة وطيدة بموضوعنا هذا - فإن الطبقة المتأينة ترد أو تمتص كثيرا من الإشعاعات الكونية الضارة، مثل أشعة جاما والأشعة السينية القادمة من الشمس، وهذا الامتصاص يحدث بواسطة ذرات الأكسجين والنيتروجين مما يجعل هذه الذرات تتأين.

ولذا فإن هذه الطبقة تؤدي وظيفة مهمة في حماية الحياة على سطح الأرض من الجسيمات الكونية القادمة من الشمس.

(1) الطبقة اللصيقة (التروبوسفير) Troposphere

هي طبقة الهواء الملامس لسطح الأرض مباشرة، ويبلغ ارتفاعها ما بين 8 و 18 كيلو مترا فوق مستوى سطح البحر، إذ يتناقص الارتفاع ليصل إلى حوالي 8 كيلومترات فوق القطبين، بينما يصل الارتفاع فوق خط الاستواء إلى حوالي 18 كيلومترا. وتكون الطبقة أكثر حرارة عند جزئها السفلي الملامس لسطح الأرض نتيجة امتصاص الأرض للإشعاع الشمسي، وتقل درجة الحرارة كلما ارتفعنا بعيدا عن سطح الأرض، حيث يصل معدل التناقص إلى ما بين 6 و7 درجات سيليزية (س) لكل كيلومتر ارتفاعا عن سطح الأرض (في النصف الأسفل من الطبقة)، بينما يزداد معدل التناقص في درجة الحرارة في النصف الأعلى من الطبقة ليصل إلى ما بين 7 و8 درجات سيليزية لكل كيلومتر ارتفاعا.

وتتميز هذه الطبقة بأنها تحتوي على جزء كبير من كتلة الغلاف الجوي (حوالي 70% تقريبا)، وذلك لتأثير الجاذبية الأرضية فيها، كما تحدث فيها معظم الظواهر الجوية، مثل تكوين السحب والمطر والضباب والعواصف الأرضية...إلخ. وتعيش فيها أغلب الأحياء أيضا، كما أنها الطبقة الوحيدة التي يوجد بها بخار الماء، وتضم معظم الملوثات التي تنطلق إلى الغلاف الجوي بسبب الظواهر الطبيعية كالبراكين أو نتيجة الأنشطة البشرية. ويرجع ارتفاع درجة الحرارة أسفل هذه الطبقة لسخونة الهواء الملامس لسطح الأرض نتيجة امتصاص الأرض لحرارة الشمس، وإشعاعها مرة أخرى للفضاء الخارجي على صورة موجات طويلة (في المنطقة تحت الحمراء من الطيف)، أو ما يعرف بالأشعة الحرارية، حيث يُمتص جزء منها في الهواء ليصبح دافئا، وهذا ما يسمى بظاهرة الدفيئة (البيوت الزجاجية) Greenhouse Effect، التي تحدث بشكل طبيعي نتيجة وجود غازات ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكاسيد النيتروجين بالنسب التي أوجدها الله سبحانه وتعالى. نتيجة الأنشطة الصناعية جعلت هذه

الغازات تزيد بنسبة كبيرة مما سرع من تدفئة الهواء وارتفاع معدلات درجات حرارة جو الأرض بدرجة ملحوظة.

(2) الطبقة المحيطة (الستراتوسفير) Stratosphere

تمتد هذه الطبقة من طبقة التروبوسفير وحتى ارتفاع 50 كيلومترا فوق مستوى سطح البحر، وتتميز بعدم وجود تقلبات للطقس فيها لانعدام وجود بخار الماء بها، وتتميز هذه الطبقة عن سابقتها أيضا بثبات درجة الحرارة فيها حتى ارتفاع 20 كيلومترا، ثم تأخذ في الارتفاع ببطء حتى ارتفاع 32 كيلومترا، ثم تواصل الارتفاع بمعدل أكبر حتى نهاية الطبقة (يرجع ذلك إلى وجود غاز الأوزون وامتصاصه للأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس)، مما جعل البعض يسمونها طبقة الأوزون، حيث يتركز غاز الأوزون على ارتفاع حوالي 30 كيلومترا من مستوى سطح البحر.

ومن هنا تأتي أهمية الغلاف الجوي للحياة على سطح الأرض، وأهمية المحافظة عليه وعلى نسب الغازات المكونة له كما أوجدها الله عز وجل، وعدم الإخلال بهذه النسب حتى تستمر الحياة على سطح الأرض بشكلها الطبيعي.

- **المناخ وتأثيراته**

مناخ منطقة ما هو متوسط نمط الطقس الذي تتمتع به تلك المنطقة مقاسا على مدى فترة طويلة من السنين، وهو يعتمد أساسا على متوسط درجات الحرارة ومعدل سقوط الأمطار. ويتأثر مناخ أي منطقة بمدى قربها أو بعدها من المناطق الاستوائية أو القطبية، وكذلك بارتفاع منسوب الأرض في تلك المنطقة ومدى قربها من البحار أو بعدها عنها. ويلعب المناخ الدور الرئيسي في تشكيل البيئة في أي منطقة من مناطق العالم، من حيث الحياة الحيوانية أو النباتية، لأن اختلاف المناخ يؤدي إلى التنوع في البيئات، فتتميز بيئة عن أخرى بكائناتها الحيوانية والنباتية، فالكائنات الحية في البيئة الصحراوية تختلف عن تلك الموجودة في البيئة الزراعية أو البحرية... وهكذا.

التغير في المناخ العالمي والعوامل التي تؤدي إليه

منذ الخمسينيات من القرن الماضي لاحظ العلماء تغيرا في حالة المناخ العالمي، وأرجعوه إلى ارتفاع في معدل درجات الحرارة على المستوى العالمي، وكانت البداية قبل ذلك بكثير، حيث لاحظ الكيميائي السويدي سفانت أرينوس Svante Arrheniu منذ أكثر من قرن مضى، وبالتحديد عام 1896، أن هناك ارتفاعا في معدلات درجات الحرارة، وحدد السبب الرئيسي لذلك في زيادة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون عند احتراق الفحم كوقود، كما أنه أول من طرح فكرة أن الأنشطة البشرية قد تكون هي السبب في اختلال التوازن الدقيق لنسب غازات الغلاف الجوي، كما بينت القراءات المأخوذة في محطات الأرصاد الجوية

المنتشرة في جميع أنحاء العالم، أن متوسط الأمطار الساقطة في عام 1959م قد تناقص بمقدار 25% مما كان عليه في الفترة ما بين 1871 و1958، وهذا بالطبع يؤكد حدوث تغيرات في المناخ العالمي.

ومع أن هذه التغيرات المناخية ليست جديدة، فقد حدثت كثيرا في الماضي، ولكن ما أثار الانتباه هو سرعة حدوثها خلال السنوات القليلة الماضية، مما جعل الهيئات العلمية تتنبأ بتسارع التغيرات في السنوات القادمة، التي ستتسم بالقدرة التدميرية للنظم البيئية السائدة الآن، ومن ثم تم وضع سيناريوهات (تنبؤات مبنية على أسس علمية ونماذج رياضية) لهذه التغيرات وتأثيراتها في البيئة نتيجة الدراسات العلمية القائمة على تسجيل القراءات وعلى الشواهد الحية، والنموذجية الرياضية، التي تنبأت بحدوث فيضانات، وجفاف وحرائق غابات... إلخ، نتيجة التغير في المناخ العالمي، كما حدث في بعض الأزمنة القديمة التي مرت على الكرة الأرضية، وما حدث فيها من تدمير لكثير من الغابات والنظم البيئية الأخرى، والقضاء على آلاف الأنواع من الكائنات الحية، بل إن التغيرات المناخية كانت سببا رئيسيا في اختفاء بعض الحضارات القديمة، بما أحدثته تلك التغيرات من جفاف للأنهار والموارد المائية، وتدمير الأراضي الزراعية وتصحرها، فأفقدها القدرة على إنتاج الغذاء.

وطبقا للمعلومات التي حصل عليها علماء «معهد جواد للدراسات الفضائية بالولايات المتحدة الأمريكية» عند فحصهم سجلات معدلات الحرارة التي أُخذت من محطات رصد الأحوال الجوية حول العالم منذ عام 1860 حتى عام 2000. فقد أكدت هذه المعلومات افتراضاتهم بارتفاع معدلات درجة الحرارة على مستوى العالم، فبلغ متوسطها 15.3 درجة سيليزية، مرتفعة بذلك عن المتوسط منذ قرن مضى بما مقداره (0.6 - 1°س)، كما أكدت النشرة التي تصدرها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ الصادر عام 2003 مواصلة هذا الارتفاع في معدل درجة الحرارة، حيث ورد فيها أن أكثر السنوات دفئا منذ عام 1860 وحتى الآن كانت بالترتيب التصاعدي 2002.

ومن الشواهد على هذا الارتفاع في معدل درجات الحرارة في العالم ما يلي:

1 - انهيار كتلة ثلجية تبلغ مساحتها 2.7 كيلومتر مربع من المنطقة القطبية الجنوبية.

2 - ارتفاع متوسط سطح البحر بمقدار 10 - 20سم، نتيجة تمدد المياه بسبب ارتفاع درجة حرارة الطبقات العليا من المحيطات.

3 - تراجع بعض جبال الألب الثلجية (1992) كاشفة عن بعض الآثار المدفونة منذ آلاف السنين، مثل إنسان الثلوج الذين دفن منذ خمسة آلاف عام، وكان هذا التراجع نتيجة الدفء الذي حدث في أوروبا.

4 - حدوث ارتفاع في معدل درجات الحرارة لبعض الأقاليم مثل سيبيريا بمقدار ثلاث درجات سيليزية منذ العصور الوسطى.

5 - اختفاء 80% تقريبا من العوالف النباتية (البلانكتونات) خلال العقود الأربعة الأخيرة من القرن الماضي في ساحل كاليفورنيا، وربط هذا الاختفاء بزيادة درجة حرارة المياه التي تعيش فيها هذه العوالق.

6 - وجود تغير في توقيت المواسم ومواعيد الفصول، ووجود علاقة بذلك مع ارتفاع معدل درجات الحرارة في أوروبا.

7 - زحزحة أشجار الصنوبر صوب الشمال من المنطقة الشمالية في أوروبا بمعدل 40 مترا في العام، وكان ذلك مصحوبا أيضا بارتفاع معدل درجات الحرارة في المنطقة، ما أدى إلى انخفاض الغطاء الثلجي بحوالي 10% في نصف الكرة الشمالي، وتناقص الثلوج البحرية وأنهار الجليد في المنطقة ذاتها في أثناء الربيع والصيف.

8 - زيادة الأمطار في كثير من مناطق العالم ما أحدث فيضانات عارمة، في حين انخفضت نسبة الأمطار في مناطق أخرى من العالم، الأمر الذي زاد حالات الجفاف والتصحر.

وهذه ليست كل الشواهد ولكنها تدل على أن المناخ في تغير، وسيستمر في التغير مع الارتفاع في معدل درجات الحرارة خلال القرن الحالي، فهذا الارتفاع كان أكبر من أي وقت مضى خلال الألف سنة الماضية (وفق ما تشير إليه النماذج المناخية القائمة على أسس علمية متطورة)، وسوف يصل في نهاية القرن الحالي عام (2100)، إلى ما بين 2.4 و5.5°س ، وقد يظن البعض أن هذه زيادة ضئيلة في درجة حرارة الجو ولا تحتاج إلى كل هذه الضجة التي تثار حول ضرورة العمل على إبطاء هذا الارتفاع، ولكن إذا علمنا أن متوسط درجات حرارة الجو العالمي كانت أبرد مما هي عليه الآن بحوالي 5-3س فقط خلال العصر الجليدي الأخير، الذي انتهى منذ حوالي 120000 عام مضت، فإن الزيادة في معدل درجات الحرارة بالقدر نفسه ستحدث تغييرات كبيرة في المناخ، وبالتالي في جميع مظاهر الحياة على سطح الأرض.

ونلاحظ أن الارتفاع في معدل درجات الحرارة، منذ العصر الجليدي وحتى الآن، استغرق حوالي 12000 عام، ولكن الدفء الذي سيحدث سيكون خلال قرنين فقط، وذلك نتيجة العديد من الأسباب التي يأتي في مقدمتها النمو السكاني الرهيب والتقدم التكنولوجي والأنشطة البشرية المترتبة عليه، مما يساعد على سرعة حدوث ارتفاع في معدلات درجات الحرارة، وهو ما يعرف بظاهرة الدفيئة أو ظاهرة البيوت الزجاجية أو الاحتباس الحراري أو الاحترار العالمي، وكلها مسميات للظاهرة نفسها (سوف يُستخدم أي من التسميات السابقة عند الحديث عنها).

ففي العصور والأزمنة الماضية كانت القوى الطبيعية هي الوحيدة المسؤولة عن التغيرات المناخية، أما في العصر الحديث، خصوصا منذ عصر الصناعة (1750) وحتى الآن فنجد أن الأنشطة البشرية تسهم بدرجة كبيرة في هذه التغيرات المناخية التي نشهدها، والتي أرجعها معظم العلماء إلى ظاهرة الدفيئة التي ازدادت نتيجة الانبعاثات الغازية الملوثة للغلاف الجوي بسبب التصنيع والتقدم وأنانية الإنسان في الحصول على ما يريد غير عابئ بالبيئة وما يصيبها من أضرار، وحتى العام 1990 لم تكن هناك قناعة كافية بمدى الارتباط بين الارتفاع في معدل درجات الحرارة والتغيرات المناخية، لكن الشواهد القوية التي ذُكر بعضها سلفا أقنعت العلماء، بما لا يدع مجالا للشك - بأن الدفيئة هي المؤثر الرئيسي لتلك التغيرات المناخية، ويؤكد تقرير لجنة الحكومات لتغير المناخ (IPCC)، الذي صدر عام 1995 أن التغيرات المناخية التي تحدث الآن هي نتيجة التراكم السريع للغازات المسببة لظاهرة الدفيئة، المعروفة باسم الغازات الصوبية أو غازات الدفيئة.

• أولا: ظاهرة الدفيئة (الاحتباس الحراري) Greenhouse effects

تنشأ هذه الظاهرة نتيجة عدم السماح للأشعة المنعكسة عن سطح الأرض بالنفاذ إلى الفضاء الخارجي، وهي عملية تحدث بشكل طبيعي (إذا كانت نسبة الغازات المكونة للغلاف الجوي بنسبها الطبيعية التي أوجدها الله كما قلنا سابقا). ولا تستطيع الأشعة المنعكسة (تحت الحمراء) أن تمر مباشرة عبر الغلاف الجوي إلى الفضاء الخارجي، حيث تحبس بعض الغازات، التي تنطلق نتيجة الأنشطة البشرية (ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروز) بعضا من هذه الأشعة في جو الأرض، خاصة في الطبقة اللاصقة (التروبوسفير)، رافعة درجة حرارته.

ومع التقدم العلمي، وجدت عدة غازات أخرى صناعية لم تكن موجودة قبل عصر الصناعة، وهي أيضا غازات صوبية، أي تعتبر مرشحا للأشعة الحرارية (تحت الحمراء) في اتجاه واحد، وهذه الغازات، وإن كانت نسبتها ضئيلة، أكثر فاعلية من تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون، وذلك لقدرتها على حبس الحرارة في جو الأرض، ومن هذه الغازات الميثان وأكسيد النيتروز والغازات الكلوروفلوروكربونية وبعض الغازات الأخرى كما في الجدول (2)، وهي كلها غازات تنبعث نتيجة الأنشطة البشرية، مثل صناعة الأسمدة والصناعات البتروكيميائية، ووسائل النقل (نتيجة احتراق وقودها). وكذلك الأنشطة الزراعية، مثل زراعة الأرز والعمليات الزراعية المختلفة، وأيضا فإن الأوزون الموجود في طبقة التروبوسفير هو من الغازات الصوبية (يختلف عن الأوزون الموجود في طبقة التراتوسفير).

الجدول (2): يوضح الجدول الموجود غازات تعمل على حدوث ظاهرة الدفيئة

الغاز	الرمز الجزئي	الاسم
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	Carbon Dioxide
أول أكسيد الكربون	CO	Carbon Monoxide
غاز هيدروكلورو فلوروكربون	$HCIFC_2$	Hydro Chlorofluoro Carbons
غازات الهيدروفلوروكربونات	HFC_S	Hydro fluoro Carbons
الميثان	CH_4	Methane
أكسيد النيتروز	N_2O	Nitrous Oxides
أكاسيد النيتروجين	NO_X	Nitrogen Oxide
المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية	$NMVOC_S$	Non- Methane Volatile Organic Compounds
غازات فوق فلوريد الكربون	PFC_S	Perfluoro Carbons
سداسي فلوريد الكبريت	SF_6	Sullfur Hexa floueide
ثاني أكسيد الكبريت	SO_2	Sulfur Di Oxide
الأوزون (التروبوسفيري)	O_3	Ozone
بخار الماء	H_2O	Water Vapour

كما أن بخار الماء أيضا يعتبر من الغازات الصوبية، على الرغم من أن نسبته في الغلاف الجوي غير ثابتة، وتختلف من منطقة إلى أخرى ومن فصل إلى آخر، لكن لوحظ أن نسبته ترتفع باستمرار، ويحدث ذلك بسرعة غير مسبوقة، ما يؤدي إلى سرعة التغيرات المناخية.

وتبين الفحوصات التي أجريت على فقاعات الهواء داخل التجمعات الجليدية بالقطب الجنوبي أن تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، كان قبل الثورة الصناعية 280 جزءا في المليون، وظل يزداد تدريجيا نتيجة ازدياد عمليات التصنيع والأنشطة البشرية التي تؤدي إلى انطلاق كميات أكبر من هذا الغاز وخلافه من الغازات الصوبية الأخرى، مما جعل العلماء يتأكدون من أن التغيرات السريعة في مناخ كوكب الأرض ترتبط ارتباطا وثيقا بالتراكم السريع لغازات الدفيئة، علاوة على بعض العوامل الأخرى، خاصة في السنوات الأخيرة.

وقد أظهرت مختلف القياسات أن ارتفاع معدل درجات الحرارة لجو الأرض قد بدأ مع بدء الثورة الصناعية، منذ حوالي قرنين، لكنه شهد زيادة ملحوظة خلال القرن الماضي، ثم طفرة كبيرة خلال العقود الثلاثة الماضية، مما أكد الارتباط مع ارتفاع الانبعاثات الغازية، الذي أدى بالطبع إلى تغير في التوازن الطبيعي لنسب الغازات في الهواء الجوي وحدوث خلل في الأنظمة البيئية.

وتعد الغازات الصوبية مرشحة للأشعة الحرارية (تحت الحمراء) باتجاه واحد، وذلك لأن الإشعاع المرئي، الذي يصل من الشمس، يتكون من موجات عديدة مختلفة الطول لا يصل منها إلى الأرض إلا جزء قليل بسبب وجود طبقة الأوزون التي تمتص معظم الأشعة فوق البنفسجية، بينما تمتص غازات ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والغازات الصوبية الأخرى الأشعة تحت الحمراء، فلا يصل إلى سطح الأرض منها إلا القليل، حيث يمتص سطح الأرض جزءا منها (30%تقريبا) ويرتد الجزء الأكثر (70%). والجزء الذي يمتصه سطح الأرض ينعكس مرة أخرى للغلاف الجوي (في أثناء الليل)، ويكون على شكل موجات حرارية لكنها لا تستطيع مغادرة جو الأرض (التروبوسفير) لوجود الغازات الصوبية ذات القدرة على حبس الحرارة في الطبقة اللصيقة، مسببة ارتفاعا تدريجيا في معدل درجات الحرارة.

وهذه الزيادة في تركيزات الغازات ناتجة عن إحراق الوقود الأحفوري (الفحم - النفط - الغاز) إضافة إلى النشاطات البشرية الأخرى، ومع أن غاز ثاني أكسيد الكربون هو المسؤول الأول عن زيادة معدلات درجات الحرارة في جو الأرض، لكن الغازات الصوبية الأخرى تعمل مجتمعة مع غاز ثاني أكسيد الكربون على احتباس الحرارة واحتفاظ جو الأرض بها، وبالطبع فإن نسبة هذه الغازات تزداد تدريجيا في الجو بزيادة النشاطات البشرية، وبالتالي تزداد كمية الحرارة المحجوزة في جو الأرض، فتؤثر في المناخ العالمي وتعمل على حدوث تغيرات يصعب التغلب عليها بالطرق التقليدية.

الجدول (3): نسب ثاني أكسيد الكربون وبعض غازات الدفيئة في الهواء

الغاز العام	ثاني أكسيد الكربون	الميثان	الكلوروفلوروكربونات		أكسيد النيتروز
قبل عصر الصناعة (1750 - 1800)	280 جزءا/ المليون	0.8 جزء/ المليون	صفر		288 جزءا/ البليون
1958	315 جزءا/المليون				
1988	350 جزءا/المليون				
1990	353 جزءا/المليون	1.72 جزء/المليون	280 جزءا/التريليون	484 جزءا/التريليون	310 أجزاء/البليون
1998	365 جزءا/المليون				
2001	370 جزءا/المليون				

* National Communication under the WN Frame work Convention on climate change, 2001, France, Statement at the Twentieth Session of the IPCC, France February 2003.

ويبين الجدول التالي (الجدول 3) ارتفاع نسب بعض الغازات الصوبية في الغلاف الجوي.

وهناك بالإضافة إلى الغازات الصوبية المعروفة، بعض الغازات الفوتوكيميائية المهمة مثل أول أكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت والمركبات العضوية الطيارة، والتي لا تعتبر من الغازات الصوبية، لكنها تؤثر في حرارة جو الأرض سلبا لتأثيرها في طبقة الأوزون، كما يوجد أيضا الأيروسولات (الهباء الجوي)، وهو دقائق متناهية في الصغر عالقة في الغلاف الجوي، تعمل أيضا على ارتفاع معدلات درجات الحرارة، ومن الممكن أن تحدث العكس، أي تؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة محليا، وتنتج أيضا من النشاطات البشرية، هي تمرر حرارة الشمس في اتجاه الأرض ثم حبسها في طبقة التروبوسفير، كما تعمل كسحاءة تحجز الحرارة في هذه الطبقة أيضا.

وأهم مصادر الغازات الفوتوكيميائية والأيروسولات هي:

- انطلاق الكربون العضوي والعنصري من احتراق الكتلة العضوية.
- أكسدة الكبريت الموجود في الوقود الأحفوري في أثناء عمليات الاحتراق.

وتتحدد نسب الغازات الصوبية عن طريق التوازن بين مصادرها نتيجة العمليات التي تولدها، وبين العمليات التي تعمل على إزالة هذه الغازات (المصارف).

وفي ما عدا المواد الكيميائية الصناعية، مثل مكبات الكلوروفلوروكربون والمركبات الكربونية الفلورية الهيدروجينية، فإن الغازات الصوبية الأخرى وجدت بصورة طبيعية في الغلاف الجوي لملايين السنين (ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروز)، غير أن البشر يؤثرون في مستويات هذه الغازات عن طريق النشاطات البشرية، هذا وسوف نتناول الحديث باختصار عن غازات الدفيئة ذات التأثير المباشر والمنصوص عليها في بروتوكول كيوتو عام 1997:

1 - غاز ثاني أكسيد الكربون

يتكون هذا الغاز بصورة طبيعية في الغلاف الجوي، غير أن عمليات حرق الفحم والنفط والغاز الطبيعي تؤدي إلى إطلاق الكربون المختزن في هذا الوقود، كما أن عملية إزالة الغابات تؤدي إلى إطلاق الكربون المختزن في الأشجار أيضا، ويعتبر هذا الغاز مسؤولا عما يزيد على 60% من ظاهرة الدفيئة (الاحتباس الحراري)، كما تقدر الانبعاثات السنوية الحالية منه إلى الغلاف الجوي بحوالي 23 بليون طن في العام، وتبلغ نسبتها 71% من الانبعاثات الكلية لغازات الدفيئة، ويحدث تبادل طبيعي مستمر لهذا الكربون بين الغلاف الجوي من جهة، والمحيطات والمساحات المزروعة والنباتات من جهة أخرى، (وتتسم هذه التبادلات بالاتزان الدقيق الذي بدأ في الاختلال في العقود الأخيرة نتيجة زيادة نسبة الغاز المتراكمة في الغلاف الجوي)، ويتضح ذلك من الأرقام التي تبين تغير نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي نتيجة النشاطات البشرية، وخاصة الصناعية منها، وهي نسبة كبيرة لا يستهان بها ولا بتأثيراتها المختلفة في مختلف الأنظمة البيئية في العالم.

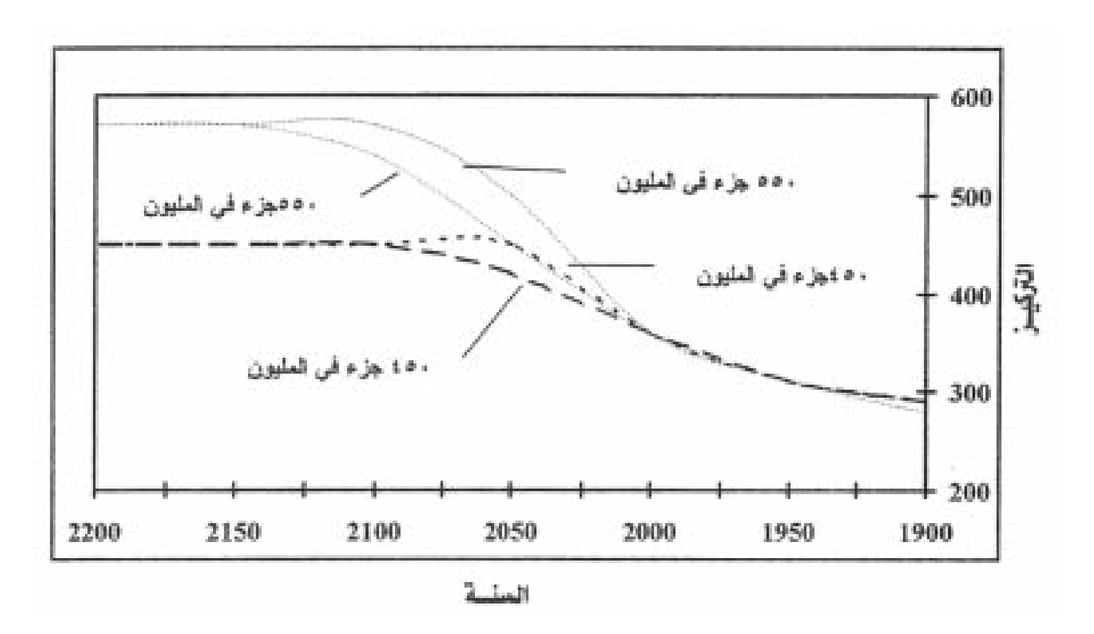
وغاز ثاني أكسيد الكربون يوجد في البحار والمحيطات بنسبة أكبر بكثير من وجوده في الغلاف الجوي، ولذلك فالمحيطات تلعب دورا مهما في تحديد نسبته في الغلاف الجوي عن طريق التبادل بينهما.

ومن الجدول (3) يتضح أن نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قبل عصر الصناعات حوالي 280 جزءا في المليون، ثم ارتفعت هذه النسبة على 290 جزءا في المليون في الثلاثينيات من القرن الماضي، 315 جزءا في المليون عام 1958 (وجد أن نسبة الغاز لم تزد كثيرا في المدة من 1914 - 1945، وهي فترة الكساد الاقتصادي في الدول الصناعية). ثم زادت النسبة إلى 345 جزءا في المليون عام 1984، 365 جزءا في المليون عام 1998، 370 جزءا عام 2001.

وتعد الدول الصناعية أكثر الدول التي تضخ هذا الغاز إلى الغلاف الجوي، ويأتي في مقدمتها الولايات المتحدة الأمريكية، (بنسبة 24%) ثم بالترتيب الاتحاد الروسي (13%)،

اليابان (6%)، ألمانيا (5%) والهند (4%)، ويعتقد العلماء أنه إذا استمر حرق الوقود وإزالة الغابات وانتشار التصحر (التصحر يؤدي إلى انحسار الرقعة الخضراء في العالم، التي تتولى نباتاتها امتصاص قدر كبير من غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو خلال عملية البناء الضوئي، وهي العملية التي يتم عن طريقها تكوين الغذاء من جهة، وتنقية الهواء من الكميات الزائدة من هذا الغاز من جهة أخرى). بالمعدل الموجود حاليا فإن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون ستصل عام 2050 إلى 450 جزءا في المليون، وفي نهاية القرن الحالي (2100م) ستصل إلى 550 جزءا/ المليون، كما يتضح من الشكل (1)، التي سوف تؤدي بالتالي إلى رفع معدلات درجة حرارة جو الأرض بنسبة كبيرة كما بيناها سابقا.

الشكل (1): تركيزات ثاني أكسيد الكربون بالغلاف الجوي 1900 - 2001
مع التوقعات المستقبلية حتى عام 2100



2 - غاز الميثان (CH4)

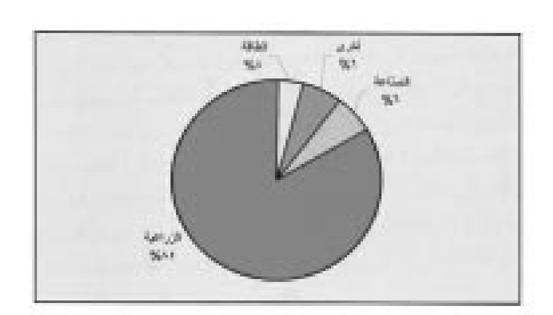
ينطلق هذا الغاز إلى الغلاف الجوي من المياه الآسنة والبحيرات المغلقة، كما ينبعث في أثناء استخراج النفط من مكانه. وقد ازداد انطلاقه إلى الجو مع زيادة التصنيع، كما أنه ينطلق من العمليات الزراعية، خاصة عند تخمر الفضلات النباتية أو الزراعية أو الحيوانية نتيجة تحلل المواد العضوية الموجودة في التربة، وينطلق من مزارع الأرز حيث تحلل البكتيريا وغيرها من الكائنات الدقيقة الموجودة في تربة حقول الأرز المغمورة بالمياه المواد العضوية وتنتج الميثان، واحتراق نبات السافانا، وكذلك الوقود الغازي والكتلة الحيوية، وتخمر الأغذية العضوية عن طريق البكتيريا في الأجهزة الهضمية لحيوانات المزارع مثل الأبقار والجاموس والماعز

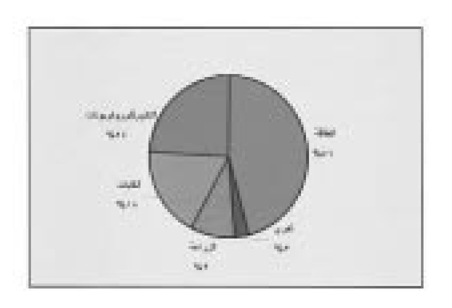
والخراف والجمال... إلخ، كما أن تحلل روث الحيوانات هو مصدر آخر من مصادر الميثان، وعلى الرغم من وجود هذا الغاز في الغلاف الجوي بنسبة أقل من نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون بكثير لكن قدرته على حبس الحرارة تزيد بأكثر من خمس وعشرين مرة على قدرة ثاني أكسيد الكربون، ولذا فإنه يساهم بقدر كبير في زيادة معدلات درجات الحرارة في جو الأرض، ويتبين من الشكل (2) أن العمليات الزراعية تسهم بنصيب كبير في انبعاثات هذا الغاز للغلاف الجوي (45%)، يليها الميثان المنطلق نتيجة احتراق الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة، خاصة الفحم والغاز والنفط الذي يستخدم في وسائل النقل المختلفة (35%)، ثم عمليات دفن النفايات وتخمرها والمياه الآسنة (18%).

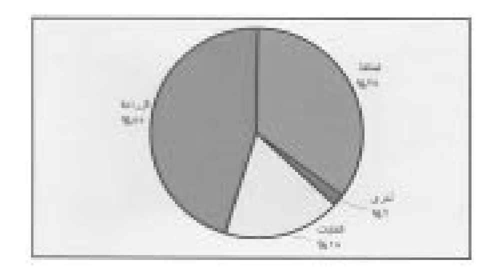
3 - غاز أكسيد النيتروز (N_2O)

يعد أحد غازات الدفيئة وينبعث نتيجة تحلل الفضلات النباتية بفعل بكتيريا التربة، وينبعث أيضا من عمليات احتراق الأخشاب، وقد زادت نسبة الغاز المنطلقة إلى الغلاف الجوي خصوصا بعد التوسع في استخدام الأسمدة الكيميائية، كما يتصاعد في أثناء عمليات الاحتراق خاصة للوقود الحيوي، وهذا الغاز يتميز بقدرته على البقاء في الجو فترة طويلة قبل أن يتحلل، وقدرتُه على حبس الحرارة في جو الأرض تفوق قدرة ثاني أكسيد الكربون بأكثر من 310 مرات.

ويتبين من الشكل (2) أن أكبر مصدر لانبعاث غاز أكسيد النيتروز إلى الغلاف الجوي هو العمليات الزراعية المختلفة، خاصة التسميد، وإضافة الفضلات الحيوانية إلى التربة الزراعية، وكذلك احتراق الفضلات الزراعية. وتبلغ نسبة الغاز المنطلق من هذه العمليات (84%) من النسبة الكلية المنطلقة للغلاف الجوي.







4 - الغازات الكلوروفلوروكربونية (CIFCs)

هذه الغازات مستجدة على النظام البيئي، فهي غازات صناعية لم تكن موجودة في الغلاف الجوي قبل عام 1930، وهي من الغازات الصوبية، علاوة على قدرتها التدميرية لطبقة الأوزون الاستراتوسفيري، وهي مجموعة من الغازات تساهم بحوالي 24% من التأثير الصوبي، وتستخدم في كثير من الصناعات، كما تستخدم كغازات تبريد في الثلاجات والمكيفات، وكوسائل تنظيف للآلات الدقيقة وصناعة الفلين الصناعي، وبعضها يستخدم أيضا في إطفاء الحرائق (الهالونات)، ولها القدرة على البقاء في الغلاف الجوي مدة طويلة تصل في بعضها إلى حوالي 150 سنة.

5 - سداسي فلوريد الكبريت (SF6)

هذا الغاز لم يكن موجودا قبل عصر الصناعة، وهو من الغازات الصوبية، وقد بلغت انبعاثاته السنوية 5800 طن في عام 1998، ويدخل في صناعة الأجهزة الكهربائية الضخمة كالمحولات الكهربائية، كذلك الكابلات ذات الجهد العالي، كما ينبعث في أثناء عمليات صهر الألمنيوم والصناعات التي يدخل فيها الماغنسيوم، وينبعث أيضا نتيجة صناعة أشباه الموصلات.

6 - البيروفلوروكربونات (PFCs)

تم تعيين تركيز هذه الغازات في الغلاف الجوي لأول مرة عام 1979، وهي مجموعة من الغازات التي تستخدم في صناعة صهر الألمنيوم، وتتحصر مصادر هذه الغازات في الأنشطة الصناعية، خاصة صناعة منتجات الألمنيوم وصناعة أشباه الموصلات، كما تدخل بديلا عن الهالونات المستخدمة في إطفاء الحرائق، بخلاف غاز رابع فلوريد الكربون (CF4)، فهو الغاز الوحيد الذي يتصاعد عن التكوينات الجيولوجية الطبيعية بكميات ضئيلة جدا.

وبالإضافة إلى البيروفلوروكربونات فإن الهيدروفلوروكربونات أيضا تؤثر في غلاف الأوزون الاستراتوسفيري تأثيرا سلبيا وتعد ذات تأثير مدمر قوي لغلاف الأوزون.

وتعتبر صناعة الصلب وإنتاج وقود الصواريخ مصدرا إضافيا لانبعاث هذه المواد نتيجة استخدام الفلوروسبار في هذه الصناعات، وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكبر دولة منتجة لهذه المواد، وعلى الرغم من انبعاث هذه الغازات بكميات ضئيلة جدا فإنها من أقوى الغازات الصوبية لاحتباس الحرارة في جو الأرض، أما في طبقة استراتوسفير فإن الأوزون يعمل طبقة تقي الأرض من خطر الأشعة فوق البنفسجية بالذات عند وصولها إلى الأرض بنسبة زائدة على اللازم.

العلاقة بين النشاط البشري وارتفاع معدلات درجات الحرارة في الغلاف الحيوي

تعيش الكائنات الحية عامة في مجال المحيط الحيوي الذي يمتد إلى أكثر من 17 ألف قدم في الهواء و10 آلاف قدم في المحيط، أما بالنسبة إلى اليابسة فلا يتجاوز بضع أقدام من التربة الصخرية أو أعمق من ذلك بقليل في الأنواع الأخرى من التربة، وتعيش هذه الكائنات متكيفة مع البيئة وفق

نظام آلي أساسي نتيجة قدرتها على التكيف المستمر مع هذه البيئة وفق دورات تتسم بالدقة والاتزان، وتسير وفق نظم ثابتة لا تتغير، وأي خلل في عنصر من عناصر هذه البيئة نتيجة عدم تحمل الإنسان مسؤولياته في الحفاظ على البيئة يحدث خللا في النظام البيئي بأكمله.

ويشهد مناخ الأرض منذ الخمسينيات من القرن الماضي تغيرات مناخية غير مألوفة، وارتفاعا في معدلات درجات الحرارة في جو الأرض بسرعة غير معهودة، مما سيؤدي إلى كوارث بيئية تؤثر في نواحي الحياة في مختلف أرجاء العالم، ونحن في الوطن العربي لاحظنا خلال العقود الماضية، تغيرات مناخية وارتفاعا في معدلات درجات الحرارة في الصيف، وكل عام يمر فإنه يكون أكثر دفئا من سابقه كما تشير السجلات المناخية إلى ذلك.

كما تشير النماذج المناخية إلى أن الارتفاع في معدلات درجات الحرارة سيزيد وستكون هذه الزيادة أكبر بكثير من أي زيادة أخرى حدثت خلال الاثنى عشر ألف سنة الماضية (العصر الجليدي) وترتكز هذه التقديرات على عدد كبير من الافتراضات عن الأسباب التي تؤدي إلى حدوث انبعاثات مستقبلية (مثل النمو السكاني والتصنيع وتنامي التكنولوجيا)، وسوف تؤثر هذه الزيادة في حدوث تغيرات مناخية، وبالتالي فإن لهذه التغيرات المناخية تأثيرا كبيرا في النظم البيئية المختلفة، وتقلل من كفاءة التنمية المستقبلية، وكلما ازدادت هذه التغيرات سرعة، ازدادت مخاطر الأضرار الناجمة عنها.

إن الزيادة في عدد السكان على المستوى العالمي، وما يتطلبه ذلك من ضغوطات على الأنظمة البيئية في العالم، يجعلان هذه الأعداد المتزايدة من البشر تتجه إلى إحراق الوقود الأحفوري بكميات هائلة للحصول على الطاقة، مما يؤدي إلى إطلاق كميات أكبر من ثاني أكسيد الكربون، وهو الغاز الأساسي من غازات الدفيئة، علاوة على الغازات الأخرى المنطلقة نتيجة عمليات الحرق، مثل الميثان وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات، التي تدخل في تفاعلات جانبية لتكوين الأوزون التروبوسفيري، وتنطلق هذه الغازات من المصانع والسيارات التي تحرق الوقود، التي اكتظت بها شوارع المدن، بل والقرى، فضلا عن محطات توليد القوى الكهربائية ومصافي النفط وغيرها،حيث إن جزءا من كهرباء العالم يُنتج من الوقود الأحفوري (فحم - نفط - غاز).

وبالطبع لا يمكن لأي إنسان الآن أن يستغني عن الكهرباء التي يستخدمها في شتى نواحي حياته، ولذا فإن ما يقدر من انبعاثات الكربون من الوقود الحفري فقط على مستوى العالم قد وصل عام 1995 إلى ما يزيد على ستة مليارات من الأطنان، حيث تأتي الدول الصناعية المتقدمة في مقدمة الدول التي تتسبب في انبعاث غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي، وحتى في الدول النامية، فإن انبعاثات غازات الدفيئة في ازدياد مطرد نتيجة زيادة الطلب على وسائل الراحة الحديثة، مثل وسائل النقل والثلاجات والإضاءة... إلخ.

● إن اختراع السيارة من أفضل الاختراعات في تاريخ البشرية، حيث حققت للإنسان حرية الحركة والانتقال، إلا أن كثرتها جعل ما ينطلق منها من غازات مصدرا كبيرا لأكثر المشكلات التي تواجه البشرية، سواء على المستوى الصحي أو البيئي لأن لها تأثيراتها في التغيرات المناخية، بما تطلقه من ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وبخار الماء، علاوة على تسرب مركبات اللوروفلوروكربون من المكيفات بها. وتقول الإحصائيات العلمية إن ما ينبعث إلى الغلاف الجوي للأرض من غاز ثاني أكسيد الكربون فقط أكثر من بليون طن سنويا، مما يساعد على زيادة تكوين ظاهرة الدفيئة، كما أن ما تبعثه إلى الغلاف الجوي من أكاسيد النيتروجين قد بلغ أكثر من 40 مليون طن.

● وبنظرة سريعة إلى أعداد المركبات التي تسير بالوقود في العالم نجد أنها في تزايد مستمر، وحتى في الوطن العربي تأخذ نفس المنوال في تزايدها. وفي تقدير لمنظمة الإسكوا (عام 2002) أشار إلى أن عدد المركبات قد بلغ أكثر من 16.67 مليون مركبة (عدا الدراجات النارية) حيث تؤدي إلى انبعاث غازات الدفيئة نتيجة استهلاك الطاقة في هذه المركبات، وقد بلغت كميات الوقود المستهلك في هذه المركبات عام 1999 أكثر من 55 مليون طن، ولعل من أهم التأثيرات البيئية انطلاق هذه الغازات، من أمثلة ثاني أكسيد الكربون، والميثان وأكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون، والمركبات العضوية الكربونية المتطايرة غير الميثان، وتساهم هذه الغازات كلها في ظاهرة الدفيئة، التي تؤدي إلى ارتفاع معدلات درجات الحرارة، وبالتالي إلى التغيرات المناخية وآثارها السلبية في النظم البيئية.

● ولا ننسى ما يقوم به الإنسان من بثه كثيرا من غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي عند إطلاقه الصواريخ ومكاكيك الفضاء، حيث يحتوي وقود الصواريخ على مواد تحدث عند احتراقها كميات هائلة من أكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون، مما يزيد من نسبة الغازات الصوبية في الجو.

● إن السلوك البشري يؤثر في زيادة كميات غازات الدفيئة المنطلقة للغلاف الجوي، فلقد تزايد الاستهلاك البشري للكهرباء في دول العالم بصفة عامة وفي الدول العربية بصفة خاصة، خلال العقد الماضي، حتى بلغ في دول «الإسكوا» عام 2000 أقصاه، وذلك لمواكبة الزيادة المطردة في الطلب على الطاقة الكهربائية اللازمة للأنشطة البشرية المختلفة، وكانت كميات الوقود الأحفوري، التي أُحرقت للحصول على الطاقة في هذه الدول (ماعدا فلسطين والعراق) حوالي 80 مليون طن، يمثل الغاز الطبيعي منها حوالي 53%، وتتمثل التأثيرات البيئية السلبية لذلك في انبعاث غازات الدفيئة من محطات توليد الطاقة الكهربائية وما يرتبط بها من انبعاث هذه الغازات للغلاف الجوي، وتأثيراتها في ارتفاع معدلات درجات الحرارة.

• وأهم الغازات التي تنبعث من محطات توليد الطاقة الكهربائية في دول الإسكوا هي: ثاني أكسيد الكربون (حوالي 245 مليون طن عام 2000)، والمركبات العضوية المتطايرة وأكاسيد الكبريت وغيرها، تسهم هذه الغازات في ظاهرة الاحتباس الحراري، والتأثير في طبقة الأوزون، وحدوث الأمطار الحمضية.

• وقد أدى استهتار الإنسان وعدم وعيه بأهمية الحفاظ على البيئة، والنظم البيئية على طبيعتها، نتيجة استخدامه غير الرشيد للأخشاب، حيث أزال معظم الغابات للحصول على أخشابها، وقام بحرق غصونها وتعفين أوراقها وتصحير الأراضي الزراعية من جراء زحف العمران على المناطق المزروعة، وتقليص المساحات الخضراء، كل هذا أدى إلى زيادة محتوى الغلاف الجوي من غاز ثاني أكسيد الكربون بنحو 25%، فهناك ما يزيد على 1.6 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون تنبعث من عملية قطع الأشجار في الغابات، فالغابات كانت دائما ضحية تطور الإنسان منذ بدء الخليقة وتخريبه الطبيعة، نتيجة الزيادة الرهيبة في عدد السكان وازدياد الطلب على المادة التي يستخرجها، خاصة إذا شكلت هذه المادة سلعة تجارية يمكن تصديرها إلى الخارج، فكان من جراء ذلك أن تعرضت الغابات الاستوائية لانتهاكات الإنسان البيئية من دون أن يقدر الخسائر الناجمة عن ذلك، نتيجة جشعه في الحصول على المال، أو نتيجة جهله بدور هذه الغابات في الاتزان البيئي على سطح الأرض.

• فالغابات الاستوائية تكوّن حوالي 7% من مساحة اليابسة على سطح الأرض، وهناك مساحات شاسعة من الغابات أُزيلت من أجل تحويلها إلى أراضٍ زراعية لإنتاج محاصيل غذائية تفي بمتطلبات الإنسان المتزايدة، والحصول على أخشابها، وتعود علاقة قطع أشجار الغابات بارتفاع معدلات درجات الحرارة إلى أن الغطاء النباتي في الغابات يمتص الطاقة التي تنعكس ثانية إلى الجو لو كانت لأرض جرداء (ظاهرة الألبيدو) إذ تؤدي قلة الغطاء النباتي وتعرية التربة إلى زيادة انعكاس الأشعة الحرارية من سطح الأرض إلى الغلاف الجوي، وبالتالي رفع درجة حرارته، علاوة على أن أشجار ونباتات الغابات تأخذ ثاني أكسيد الكربون من الجو في أثناء نموها، ويتصاعد بدلا منه غاز الأكسجين (في أثناء عملية البناء الضوئي)، ولذا فإن قطع أشجار الغابات يزيد من نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو بنسبة كبيرة كما أسلفنا، وهذا الغاز هو المسؤول الأول عن ظاهرة الاحتباس الحراري.

• إن إزالة الغابات في كثير من الدول الاستوائية تضيف كميات من ثاني أكسيد الكربون إلى الجو أكثر مما يحدثه إحراق هذه الدول للوقود.

• إن من ضمن الأنشطة البشرية الهدامة، التي تؤدي إلى زيادة معدلات درجات الحرارة في الجو، أن صيادي الأسماك، خاصة في البلدان الساحلية كالفلبين وبعض جزر إندونيسيا (جاوا وبالي) قاموا بتفجير غابات المنجروف (القرم) بالديناميت لقتل الأسماك وإقامة مزارع

الروبيان والمنشآت السياحية على الشواطئ، مما قضى على هذه الغابات التي كانت تنقي المياه من كميات هائلة من غاز ثاني أكسيد الكربون، الناتج عن عمليات تنفس الكائنات البحرية، ولذا فإن تراكم هذا الغاز في مياه البحار والمحيطات يجعله ينتقل إلى الغلاف الجوي في عمليات التبادل الغازي بين البحار والغلاف الجوي، وبذلك يعمل على زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري، كما أن تحلل أشجار القرم هذه على الشواطئ يؤدي إلى تدفق غازات مثل أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت إلى الغلاف الجوي، ولو علمنا مقدار الكميات الهائلة من هذه الغازات التي تنطلق إلى الغلاف الجوي لأدركنا مدى خطورتها وتأثيرها في مضاعفة غازات الدفيئة في جو الأرض، ففي دول أمريكا اللاتينية فقط يبلغ قدر ما يضخ إلى الهواء نتيجة قطع وتدمير أشجار القرم حوالي 35 مليون طن من أكاسيد النيتروجين، 4 ملايين طن من أكاسيد الكبريت سنويا، وهذا بالطبع يعود إلى الأنشطة البشرية.

● ويقول العلماء المختصون ببرنامج الأمم المتحدة للبيئة (يونيب) إن كثرة الغيوم الغبارية الناجمة عن حرائق الغابات، وإحراق النفايات الزراعية والزيادة الكبيرة في استخدام الوقود، سواء بالمصانع أو بمحطات توليد الطاقة، وانبعاث الدخان من ملايين المطابخ غير الملائمة، المنتشرة في الدول النامية بصفة خاصة، التي تستخدم الأخشاب وفضلات الحيوانات كوقود، كل هذا الكم الكبير من ركام الأدخنة والغبار يقلص كمية الطاقة الشمسية، كما يمتص الحرارة المنعكسة عن سطح الأرض مساهما في ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي ومؤديا إلى التغيرات المناخية، مثل تقليل الأمطار والثلوج.

● ومن الأنشطة البشرية في مجال عمليات استخلاص ونقل وتوزيع الوقود الأحفوري ما ينطلق من آبار النفط، فيؤدي إلى انبعاث غازي ثاني أكسيد الكربون والميثان، وقد تنشأ الانبعاثات أيضا عن الحوادث وتسرب كميات من الآبار وخطوط الأنابيب، وانسكاب النفط من ناقلات النفط، أو تسرب كميات ضئيلة منه في أثناء تعبئة السيارات بالوقود، وهذه الانبعاثات، رغم بطئها، تزيد من غازات الدفيئة في الغلاف الجوي.

● لجوء الإنسان إلى استخدام الأسمدة الكيميائية زاد من انبعاثات أكسيد النيتروز إلى الغلاف الجوي، وذلك علاوة على العمليات الطبيعية التي تقوم بها البكتيريا لتثبيت وفصل النيتروجين في التربة الزراعية أو تحويله إلى أكسيد النيتروز.

● الاستهلاك غير المرشد لكثير من المواد التي يستخدمها الإنسان في حياته اليومية، وبالتالي تتخلف كميات هائلة من القمامة والمخلفات البشرية، التي يتخلص من معظمها بدفنها في الأرض، حيث تحدث لها عمليات تحلل لا هوائية (بدون أكسجين) وينبعث منها الميثان وثاني أكسيد الكربون متسربا إلى الهواء الجوي، وفي بعض الدول التي تلجأ إلى التخلص من القمامة عن طريق عمليات الحرق فإنها أيضا تعتبر مصدرا لانبعاث بعض

غازات الدفيئة، وعند معالجة المخلفات البشرية (مياه المجاري)، فإنها تكون أيضا مصدرا للميثان بصفة خاصة.

كل هذه الأنشطة البشرية التي أشرنا إليها تعتبر أكبر مصدر لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، كما تبث أيضا أكاسيد النيتروجين، والمركبات الهيدجروكربونية وأول أكسيد الكربون، التي رغم أنها ليست من الغازات الصوبية لكنها تؤثر في الدورات الكيميائية في الغلاف الجوي، التي تولد أو تدمر الغازات الصوبية الأخرى.

● الآثار السلبية للتغيرات المناخية في البيئة

لقد كانت الأنشطة البشرية هي السبب المباشرة والأكثر فاعلية في تغير المناخ العالمي من حيث ارتفاع معدلات درجات الحرارة وكمية التساقط، ورطوبة التربة، والتغير في منسوب سطح البحر، وغيره كثير من التأثيرات السلبية، التي كانت تأثيراتها أعظم في الأنظمة البيئية في العالم، على النظم الاجتماعية والاقتصادية التي تأثرت بالفعل من جراء الأنشطة، كاستنزاف الموارد الطبيعية أو الممارسات البيئية الخاطئة، إن ما نجده الآن حولنا من تطور إنساني واجتماعي لم يكن ليحدث بهذا الشكل لولا الظروف المناخية الملائمة، وكما ذُكر سابقا فإن التحولات المناخية في الأزمنة الماضية قد دمرت النظم البيئية، وأدت إلى اختفاء كثير من الحضارات القديمة، ولذا فإن العلماء يعتقدون أن العقود القادمة ستتسم بالتغيير السريع في المناخ، وأن التغيرات المناخية ستكون لها قدرة تدميرية على الأنظمة البيئية، مما سيؤدي إلى فقد هذه النظم بشكل لم يسبق له مثيل، وسوف تكون النظم البيئية والمجتمعات البشرية حساسة لكل من حجم هذا التغير المناخي ومعدله.

ومن الآثار السلبية في البيئة نتيجة التغيرات المناخية ما يلي:

● أثر التغيرات المناخية في مستوى سطح البحر وفي الأحياء البحرية

كانت الأنشطة البشرية سببا في زيادة تركيزات غازات الدفيئة بصفة عامة في الغلاف الجوي، وبالتالي عملت تلك الغازات على احتباس الحرارة في طبقة التروبوسفير من جهة، وعلى تدمير طبقة الأوزون من جهة أخرى، مما تسبب في رفع معدلات درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية، وقد أدى هذا الارتفاع في الحرارة إلى انصهار الجليد في القطب الجنوبي خاصة، ثم الشمالي أيضا، وارتفاع منسوب سطح البحار، وسوف يظل هذا المنسوب في ارتفاع مع زيادة الارتفاع في معدلات درجات الحرارة.

ويرى العلماء أن متوسط ارتفاع مستوى سطح البحر كان خلال السنوات المائة الماضية في حدود من 10 - 20 سم، أي بسرعة أكثر من عشرة أضعاف المعدل خلال ثلاثة الآلاف عام

الماضية، وهذه الزيادة مرتبطة ارتباطا وثيقا بارتفاع معدلات درجات الحرارة العالمية، وانصهار الجليد في القطبين، وتزايد عمليات التبخر. ووفق النماذج الرياضية فإن هذا الارتفاع سيتواصل خلال العقود القادمة ليصل إلى حوالي 1 متر في نهاية القرن الحالي (2100)، الذي سوف تكون له تأثيرات سلبية في المناطق والمدن الساحلية والجزر الصغيرة، خاصة الموجودة في الدول النامية، وسوف تعاني بعض الأنهار من نقص في المياه، كما تعاني أنهار أخرى من الفيضانات نتيجة زيادة الأمطار، وفي الحالة الأولى سيحدث جفاف وتصحر للأراضي، بينما في الحالة الثانية ستحدث فيضانات مدمرة بصورة رهيبة، كما سيؤثر ارتفاع مستوى سطح البحر في حدوث ظواهر مدمرة مثل المد المرتفع والأعاصير، مما سيترتب عليه وقع مزيد من الدمار في كثير من الدول، خاصة على إنتاجية الأغذية في المناطق الساحلية (تأثر المصائد والزراعة)، كما يؤثر ذلك في المناطق السياحية ويسبب خسائر لشركات التأمين (يعتبر العمل في مجال التأمين من أوائل المجالات التي ستتأثر بهذا الارتفاع في مستوى سطح البحر؛ لأن شركات التأمين تدفع مستحقات للمتضررين) ويقول المختصون إنه منذ عام 1990 - 1998م دفعت شركات التأمين في العالم حوالي 57 مليار دولار للخسائر الناتجة عن التغيرات المناخية.

كما أن ذلك سيؤثر في معدلات سقوط الأمطار أو زيادة عمليات البخر، مما سيؤدي إلى اختفاء الأراضي الرعوية في كثير من المناطق، كما سيؤدي ذلك إلى قلة مياه الأنهار في بعض المناطق، مثل نهر النيجر في شمال غرب أفريقيا، أو نهر الإندوس في باكستان، وذلك بالطبع سوف يؤثر في إنتاج المواد الغذائية، كما أن ارتفاع درجة حرارة مياه البحار سوف يؤثر في النظم البيئية البحرية، الأسماك والنباتات البحرية والشعاب المرجانية، وهجرة بعض الأنواع من والأسماك وانتقالها إلى مناطق جديدة، مما يؤدي إلى إبادة بعض الأنواع الفطرية.

وتؤكد الدراسات العلمية أن أغلب الأراضي الساحلية الرطبة ستتعرض للغرق، مثل سواحل غرب أفريقيا وأستراليا والبحر المتوسط وبعض جزر شرق آسيا، وتدمير هذه الأراضي سوف يؤدي بالتالي إلى تدمير مصائد الأسماك، كما أن زيادة درجة حرارة المحيطات تؤدي أيضا إلى تغير في تدفق المجاري المائية، وتعدي المياه المالحة على المياه العذبة، مما يؤدي إلى هلاك بعض أنواع الأسماك أو هجرة بعضها، ما يؤدي بالتالي إلى تدمير المجتمعات التي تعتمد في حياتها على الصيد، أو تشريد مجتمعات أخرى قد تغرقها مياه الفيضانات، مما سيزيد من خطر انتشار مختلف الأمراض النفسية والمعدية، وانتشار حشرات في المناطق الجديدة لاستيطان هذه المجتمعات، وعند تعرض بعض المناطق الساحلية للغرق فإن النظم الإيكولوجية لها ستختفي، بما في ذلك غابات المنجروف (القرم)، كما أن غطاء الجليد في البحار الباردة سينخفض مما يؤدي إلى تزحزح جغرافي للأحياء البحرية خاصة في الأقاليم القطبية.

• أثر التغيرات المناخية في الصحة

إن الارتفاع في معدلات درجات الحرارة العالمية قد يؤدي إلى تأثيرات سلبية كبيرة في صحة الإنسان، فالحيوانات والحشرات التي تحمل الأمراض الوبائية، مثل الكوليرا والملاريا، سوف تنتشر لأن الجو سيصبح أكثر ملاءمة لذلك، كما أن كبار السن والمرضى سيعانون موجات الحرارة المرتفعة، التي أدت بالفعل إلى موت المئات منهم في بعض المدن الأمريكية عام 1995م، ومن المعروف أن صحة الإنسان تعتمد اعتمادا كليا على الغذاء ومياه الشرب النقية والطقس والظروف الاقتصادية الملائمة للسيطرة على الأمراض، وكل هذه العوامل تتأثر بدرجة كبيرة بالتغيرات المناخية، كما أنه توجد علاقة بين موجات الحرارة وأمراض القلب والأوعية الدموية وأمراض الجهاز التنفسي، ولا سيما بين كبار السن والأطفال. والتغيرات المناخية الناتجة عن ارتفاع معدلات درجات الحرارة سوف تؤثر بدرجة كبيرة في انتشار هذه الأمراض وزيادة الوفيات، كما أن نقص الغذاء والتصحر، في بعض المناطق، الناتجين عن التغيرات المناخية، سوف يؤديان إلى مزيد من أمراض سوء التغذية والجوع والوفاة لاسيما بين الأطفال في التجمعات البشرية الفقيرة، كما أنه وُجد ارتباط بين حالات انتشار الكوليرا ودرجة حرارة سطح البحر في خليج البنغال، كذلك هناك ارتباط بين ظاهرة النينو (التي تدفئ مياه جنوب غرب المحيط الأطلسي) وبين انتشار وباء الملاريا وحمى الدنج، كل ذلك له تأثير في الصحة العامة للإنسان، ويمكن لبعض أنواع البكتيريا والفيروسات والفطريات المسببة للأمراض أن تنتقل إلى مناطق جديدة لتلحق الأذى بمختلف الأنواع الحية.

ويقول العلماء: يوجد دور كبير لارتفاع معدلات درجات الحرارة في تمكين الحشرات والميكروبات من غزو المناطق، فموجات البرد القارس الحاد كانت تمنعها من دخولها في السابق، فالبعوض بدأ ينتقل على سفوح الجبال وينشر المرض بين الحيوانات، التي كانت درجات الحرارة تحميها سابقا، وبعض الجراثيم المرضية تتناسل أكثر في الأجواء الدافئة، وبالتالي تصبح هناك جراثيم أكثر تسببا في العدوى.

ومن الآثار المحتملة الأخرى التي اكتشفها الباحثون في المجال الصحي

- موجات وباء حمى وادي الصدع Rift Valley، وهو مرض فتاك ينتقل عن طريق البعوض ويجتاح أفريقيا خلال سنوات الدفء غير العادية، ويتكهن البعض أنه إذا أصبح المناخ أكثر دفئا وأكثر رطوبة بصورة دائمة فإن موجات وباء حمى وادي الصدع ستصبح أكثر تكرارا.
- قد تصبح الملاريا والحمى الصفراء أكثر انتشارا إذا أتاح اعتدال فصول الشتاء البقاء الموسمي الأطول للبعوض الذي ينقل المرض، كما أن المناخ الأكثر دفئا سيمكنه من الانتقال إلى مناطق كان لا يستطيع دخولها بسبب البرد.

- وفي هاواي، طرد ارتفاع درجة الحرارة البرد من بعض المناطق الجبلية فأتاح للبعوض التكاثر في أماكن أكثر وأكثر ارتفاعا من ذي قبل. وقد نقلت هذه الحشرات إلى هناك نوعا من ملاريا الطيور، الذي أصاب الطيور المتوطنة غير المحصنة ضده.

ولقد قتل تفشي مرض الاعتدال المزاجي العديد من الأسود في تنزانيا في السنة الماضية، وعزا العلماء ذلك إلى التغير المناخي الذي أتاح انتشار الذباب، الذي ينقل جراثيم المرض في أجزاء عديدة من شرقي أفريقيا.

ومن المعروف أن الطفيل الذي يقتل الفراشة الملكية لا يعيش إلا في المناخ الدافئ، الأمر الذي يحمي الفراشات في مراتعها في أقصى الشمال. وقد ساعد تغير المناخ على انتشار هذا الطفيل.

أثر التغيرات المناخية في الأنظمة البيئية والتنوع الأحيائي

لاحظ العلماء حدوث تغيرات كثيرة في الأنظمة البيئية وفي التنوع الأحيائي نتيجة التغيرات المناخية، فالغابات سوف تتأثر بارتفاع معدلات درجات الحرارة، ما يعني زحزحة نطاق الغابات سنويا، وحدوث نقص شديد في الأشجار، ولا تستطيع بعض أنواع النباتات والكائنات الحية الأخرى التأقلم سريعا مع التغيرات المناخية المتوقعة، وحيث إن الأنواع المختلفة هذه مرتبطة بعضها مع بعض بشبكة متكاملة، فمن الممكن أن تنحل نظم بيئية بأكملها، وحتى في النظم البيئية التي ستكافح هذه التغيرات المناخية قد تنقرض بعض الأنواع التي لا تستطيع التكيف بسرعة كافية مع هذه التغيرات، وتؤدي إلى خسارة لا يمكن تعويضها، فالتغير المناخي سيؤدي إلى اختفاء آلاف الأنواع، كما سيؤدي إلى هجرة أنواع كثيرة من الطيور مواطن توالدها، وقد لوحظ فعلا أن هذه التغيرات قد بدأت، وأن الطيور المهاجرة بدأت تبكر في وصولها في الربيع وتؤخر رحيلها في الخريف منذ عام 1995 وحتى 2000، كما أن التأثير الكبير سيكون في الغابات، فارتفاع معدلات درجات الحرارة سيزيد من الآفات والحشرات والحرائق، وسوف تتغير الأنواع في الغابات القائمة، وتظهر مجموعات جديدة من الأنواع النباتية والحيوانية، ومن ثم النظم البيئية، كما أن للمناخ تأثيرا كبيرا في الغابات، ومع ارتفاع معدل درجات الحرارة ستنطلق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء الجوي بسرعة تفوق سرعة امتصاصه في عملية البناء الضوئي، مما سيزيد من غازات الدفيئة في الجو، سيعجل في حدوث التغيرات المناخية في العالم، كما سيؤثر في الصناعات الخشبية، والتنوع الأحيائي وفقد آلاف الأنواع، لأن الغابات خزان رئيسي ومصدر لهذه الأنواع، كما أن نطاق المراعي سوف يتغير أيضا مع التغيرات المناخية، وقد يؤدي اختلاف درجات الحرارة إلى التأثير في سقوط الأمطار، وبالتالي إلى إعادة تشكيل نطاقات المراعي، وبالتالي نظمها البيئية التي تمد حيوانات المرعى بالغذاء والماء، كما أن ارتفاع معدلات درجات الحرارة لجو الأرض يزيد من معدل انحلال المواد العضوية الموجودة في التربة، مما يؤدي إلى إطلاق غازات ثاني أكسيد الكربون



والميثان وأكسيد النيتروز، فتزيد بذلك من الغازات المسببة لظاهرة الدفيئة، وبالتالي تزيد من التغيرات المناخية.

مع كل هذا التغير في الأنظمة البيئية يصبح التنوع الأحيائي والأنظمة البيئية ضحية الأنشطة البشرية التي كانت سببا في التغيرات المناخية عن طريق ما تطلقه من ملوثات تنوء البيئة بحملها.

● أثر التغيرات المناخية في موارد المياه المتاحة في العالم

كان للتغيرات المناخية أثر في تغير معدلات هطول الأمطار، سواء بالزيادة في بعض المناطق أو بالانخفاض في مناطق أخرى من العالم، ويذكر تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في عام 1995 أن هناك بعض الأنهار قد انخفض تدفقها، وفي نهاية القرن الحالي (2100) سيصعب على دول العالم مواجهة خسائرها نتيجة تزايد الطلب على المياه في وقت تتزايد فيه أعداد السكان، وبالتالي سيؤثر ذلك في جميع النواحي الاقتصادية سلبا، كما سيؤدي إلى نزوح أعداد كبيرة من سكان المناطق التي سيلحقها الجفاف، وانتشار مشكلة اللاجئين البيئيين، كما سيقل مستوى المياه الجوفية، فارتفاع معدلات درجات الحرارة سيتبعه انخفاض سقوط الثلج شتاء، وبالتالي تقل كميات المياه التي تتسرب إلى الأرض، ويمكن احتباسها في الطبقات الصخرية المائية.

ولقد بدأ فعلا تغير في معدلات الأمطار، فقد قلت الأمطار في الأقاليم المدارية وشبه المدارية في العالم، وفي دول أوروبية ووسط كندا وكاليفورنيا، وتزحزحت أحزمة المطر من الربيع إلى الشتاء، مع تزايد الأمطار أكثر من الثلوج، مما أدى إلى زيادة سرعة وصول الأمطار إلى الأنهار مسببة الفيضانات العارمة، في حين تتناقص المياه المتاحة في أماكن أخرى من العالم، مسببة جفاف بعض الأنهار، كما أن زيادة الأمطار في بعض المناطق سيصحبها تزايد البخر، مما يسرع في الدورة الهيدرولوجية فتزيد نسبة الرطوبة في الجو، وبالتالي تزيد غازات الدفيئة... وهكذا، وبالطبع فإن هذا التغير سيصحبه تغير في النظم البيئية الطبيعية، ويمكن للتغيرات في درجة حرارة المياه العذبة أن تؤثر في بقاء ونمو كائنات معينة، وفي تنوع وإنتاجية النظم البيئية، كما يؤدي نقص إمدادات المياه إلى حدوث ضغوط بيئية على السكان وعلى الأنظمة الزراعية والبيئية المختلفة، وهناك كما نعلم علاقات متشابكة ومعقدة بين التغيرات المناخية ونقص المياه والنمو السكاني وإنتاج الأغذية، التي ستختل نتيجة التغيرات التي ستحدث.

هناك نقطة أخيرة، وهي أنه مع ارتفاع معدلات درجات الحرارة فإن الطلب سيزيد على المياه في التجمعات البشرية القائمة في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما في شمال أفريقيا والشرق الأوسط وجنوب غرب آسيا بالذات.

وهذا ما يجعل الاحتمال أقوى لقيام حروب بين الدول من أجل المياه، وقد نشبت نزاعات بالفعل، كما حدث بين إسرائيل ولبنان، كادت تتطور إلى نزاع مسلح.

• أثر التغيرات المناخية في الصناعة والطاقة والمستوطنات البشرية

تهدد التغيرات المناخية، خصوصا مع ارتفاع معدلات درجات الحرارة، خطط التنمية في الدول والاستيطان البشري، فإن تسخين جو الأرض يعمل على تبخر المياه وشحها، وكلما شحت المياه فإن التبخر السريع يؤدي إلى زيادة الحاجة إلى ري الأراضي الزراعية، مما يقود إلى استنزاف موارد المياه وندرتها، وبالتالي حدوث مشكلات اقتصادية واجتماعية تنموية وسياسية، كذلك فإن تبني مصادر بديلة للطاقة التقليدية صديقة للبيئة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، هو حل لتلافي التغيرات المناخية الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري وانبعاث الغازات الناتجة عنه إلى الغلاف الجوي، إن التغيرات المناخية سوف تؤثر في المستوطنات البشرية، خاصة تلك التي تعتمد على الصيد التجاري والزراعة، لحساسية الزراعة ومصائد الأسماك تجاه التغيرات المناخية، وكذلك المناطق المنخفضة والمدن الساحلية الكبيرة والمستوطنات التي في مناطق الغابات. وعلى كل حال فإن أكثر البشر فقرا هم أشدهم تضررا لعدم قدرتهم على مجابهة تلك الأخطار المحدقة بهم.

وسوف تنخفض الحاجة إلى التدفئة في مناطق خطوط العرض الوسطى والعليا والمرتفعات، بينما ستزداد الحاجة إلى التبريد، ولذا سيزداد الطلب على الطاقة نتيجة ارتفاع درجات الحرارة، وسيتأثر إنتاج الطاقة الكهربائية الناتجة من المنحدرات المائية على الأنهار نتيجة تزايد العجز في مياه الأنهار وقلة الثلوج.

• أثر التغيرات المناخية في حدوث الكوارث البيئية

يمكن للتغيرات المناخية أن تتسبب في موجات شديدة من الحرارة والصقيع والفيضانات والعواصف الشديدة، وهي بلا شك ظواهر متطرفة عن الحالة العادية من المناخ، وهذه بالطبع تؤدي إلى كوارث بيئية، ويتأثر بها عدد كبير من السكان، وسوف تسبب موجات الحرارة تأثيرات سلبية شديدة في الحياة البرية، وتلحق كثيرا من الأضرار بالمحاصيل، وتحدث المزيد من حرائق الغابات، وسوف تسبب حدوث كثير من الكوارث، مثل الأعاصير الشديدة، لأن ارتفاع معدل درجات الحرارة للغلاف الجوي ومياه البحار سيؤدي إلى زيادة عمليات التبادل في الطاقة، كما تضيف قدرة دافعة لعمليات التبادل الرأسية الشديدة، التي تخلق موجات من الأعاصير الحلزونية الاستوائية المعروفة بـ «السيكلون» والأعاصير العميقة المعروفة» بالتورنادو، وهي بالطبع تحدث خسائر مادية كبيرة.

كما أن هنا كثيرا من الأعاصير المصحوبة بالأمطار والبرق والرعد « Hurricanes»، وهي من أكثر الكوارث الطبيعية تدميرا وتهديدا للحياة البشرية، وتنشأ هذه العواصف الضخمة في

البحر الكاريبي وجنوب المحيط الهندي والأطلسي، وتكون سرعة هذه الرياح عالية جدا، ومصحوبة بأمطار غزيرة وموجات عاصفة تغرق المناطق المنخفضة، ولها قدرة تدميرية هائلة.

ويفترض علماء المناخ أنه بارتفاع معدلات درجات الحرارة في نهاية القرن الحالي بما يتراوح بين 3 و5 درجات مئوية فسوف تزداد القدرة التدميرية للأعاصير بمقدار 50%، مع حدوث رياح رعدية شديدة السرعة، ولعلنا نلاحظ آثار بعض هذه الأعاصير كما حدث أخيرا في بنجلاديش ودول شرق آسيا، من موت الآلاف من البشر وتدمير البيئة التحتية، والتدمير للمحاصيل والأراضي الزراعية، وما أحدثه إعصار «أندرو» في جنوب فلوريدا من قتل وتشريد وهدم المنازل، بما يعادل ما تقوم به الحروب بين البشر.

إن الخلاصة التي يمكن الوصول إليها هي: أنه لن يسلم إنسان من آثار التغيرات المناخية الناتجة أصلا عن ارتفاع معدلات درجات الحرارة على مستوى العالم، المتسببة فيها غازات الدفيئة من جهة، وحدوث تدمير في طبقة الأوزون بسبب تأثير بعض هذه الغازات من جهة أخرى.

المراجع :

1 دكتور ضاري ناصر العجمي - الإنسان وقضايا البيئية، ذات السلاسل، الكويت 1995.

2 Svante Arrhenius, “on the influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground, “Phill Magazine, 1896.

3 Office of Science and Technology Policy (1996).

4 G.O.P. Abasi, World Meteorological Organization, Statement at the Twentieth Season of the Intergovernmental Panel on climate change (IPCC) Paris, February 2003.

5 David J. Thomson “The Seasons Global Temperature and Precession “Science, April 1995.

6 Stephen H, Schneider, Global Warming: Are we Entering the Greenhouse Century? San Francisco: Sierra Club Books, 1989.

7 كريستوفر فلافين، أوديل تونالي، مناخ الأمل، استراتيجيات جديدة من أجل استقرار الجو في العالم، ترجمة شويكار زكي، (الدار الدولية للنشر والتوزيع) - القاهرة 1998.

8 تغير المناخ - برنامج الأمم المتحدة للبيئة «يونيب» - مركز البيئة الدولي - جنيف 2001.

9 إحصائية عن تقرير الوكالة الدولية للطاقة بشأن انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في الفترة من (71 - 1998) باريس 2001.

10 أوراق اسكوا التحضيرية لمؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة (بجوهانسبرج 2002) - الحد من انبعاثات غازات الدفيئة من قطاع الكهرباء) اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا - إسكوا - بيروت - لبنان 2002.

11 Options and opportunities for green house in the energy sector of ESCWA region Volume II, New York 2001.

12 أوراق إسكوا التحضيرية لمؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة بجوهانسبرج 2002 - الحد من انبعاث غازات الدفيئة من قطاع النقل اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، إسكوا - بيروت - لبنان - 2002.

13 مقاله بمجلة علوم وتكنولوجيا (معهد الكويت للأبحاث العلمية) - عدد 98أغسطس 2002.

Henerytchceen, issues in Science and Technology, Newyork, 1999.

14 الدكتور طلال العازمي والدكتور عبدالمنعم مصطفى وآخرون - دائرة المعارف البيئية - الجمعية الكويتية لحماية البيئية الكويت (2001).

15 IPCC Workshop Held at Morgarita Island, Venezuda, NOAA, March, 1996.

16 Watson et. al., eds., Op. Cit. Note 25.

17 Watson et. al., Op. Cit 25, National Oceanic and Atmospheric Administration, Natural Disaster survey report, July 1995, many of last year’s Heat Deaths were preventable, study says April, 1996.

18 Stephen C. Jameson, John W. MC. Manus, and Mark D. Spalding, State of the Reefs, international Coral Reef initiative Executive secretariat Background paper, May 1995.

19 Emanual estimate included in Doug Cagin “Bracing for Bigger storms” Investor’s Environment Report vol. 3 No. 1, 1993.

20 Friedman calculation included in Cogan, Op. Cit. Note 39, 1995.

21 كريستوفر فلافين - ارتفاع درجة حرارة الأرض - استراتيجية عالمية لإبطائه، ترجمة الدكتور سيد رمضان هدارة - الدار الدولية للنشر والتوزيع - القاهرة 1991.


عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

22 Emissions Scenarios, Intergovernmental Panel on Climate change, - Cambridge University Press, 2000 U.K.

23 J.T. Houghton, G.J. Jenkins and J.J. Erphraums intergovernmental Panel on Climate change, Cambridge 1991.

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

تقرير حول :
آلية التنمية النظيفة ودورها في تحقيق بيئة نظيفة واقتصاد ناجح وتعاون دولي مثمر في دول مجلس التعاون الخليجي

د. وهيب عيسى الناصر (*)

مقدمة

إن ظاهرة الاحتباس الحراري تعني حبس جزء الحرارة (الأشعة الحرارية - تحت الحمراء) وأسرها في غلاف الجو الأرضي بدلا من أن تتبدد إلى الفضاء الخارجي بنسبها المعتدلة الطبيعية.

وهذا يحدث بسبب زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والميثان وغازات أخرى معروفة بحبسها للحرارة - أي تسمح لأشعة الشمس (طول موجي قصير) بالنفاذ منها لكن تمنعها من الخروج منها إذا كانت حرارة (طول موجي طويل) - ويسبب ذلك ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض. وهذه الغازات المنبعثة تنتج من حرق الوقود والفحم ومشتقات النفط ومن الأسمدة ومن مخلفات بعض الصناعات الكيميائية، وأكثر الغازات الحابسة للحرارة انتشارا في الجو بسبب حرق الوقود - للحصول على طاقة - هو غاز ثاني أكسيد الكربون. وعلى هذا الصعيد حذر تقرير أعده الصندوق العالمي للطبيعة من أن الاحتباس الحراري سيلحق كارثة محققة بملايين الأفارقة - على وجه الخصوص - وأن الموارد المائية في قارة أفريقيا ستتضاءل بشكل خطر إذا ما استمر نمو ظاهرة الاحتباس الحراري بالشكل الحالي.

لقد عرض مركز دراسات الأرصاد الجوية في بريطانيا أن الانبعاثات الغازية الناجمة عن

(*) أستاذ الفيزياء بجامعة البحرين - رئيس القسم العربي للجمعية العالمية للطاقة الشمسية (ألمانيا).

ظاهرة الاحتباس الحراري لها تأثيرات أخطر مما هو متوقع، وأن كل ارتفاع في الحرارة يزيد على درجتين مئويتين قد يؤدي إلى انهيار أنظمة بيئية كاملة والى مجاعات ونقص في المياه ومشكلات اجتماعية واقتصادية كبيرة يتركز جلها في الدول النامية. بينما أكد كبير المستشارين العلميين بالحكومة البريطانية السير ديفيد كينج أن تغير المناخ وظاهرة الاحتباس الحراري يمثلان تهديدا على العالم يفوق ما يمثله الإرهاب الدولي!

وأفادت دراسة نشرت في دورية «نيتشر» بأن هذه التغيرات المناخية قد تؤدي إلى انقراض الملايين من الكائنات الحية بحلول عام 2050، وأن ربع الكائنات الحية التي تعيش في البر ستنقرض. بينما أكدت الأمم المتحدة ان هذه الظاهرة الخطرة تهدد ملايين البشر الذين يعتمدون على الطبيعة للبقاء على قيد الحياة. وأشارت دراسة نشرتها مجلة «ساينس» العلمية أن ظاهرة الاحتباس الحراري ستزيد من مخاطر انتشار الأوبئة بين الحيوانات والنباتات والإنسان. وأكد العلماء أن تزايد الحرارة على سطح الأرض كان السبب في تضاعف عدد الأعاصير الشديدة إلى الضعف خلال السنوات الثلاثين الماضية، إضافة إلى انتشار أمراض، مثل الملاريا، في مناطق محددة مثل الإنديز الكولومبية، وازدياد ذوبان الجليد في «جرينلاند» أكثر من الضعف خلال السنوات العشر الأخيرة. كما أن حالات الوفاة الناتجة عن الاحتباس الحراري ستزداد خلال السنوات الـ 25 القادمة لتصل إلى 300 ألف شخص في العام، وسيرتفع مستوى سطح البحر 7 أمتار! كما سيخلو محيط القطب الشمالي من الثلج عام2050 ، وفق دراسة لجامعة كامبريدج نشرت في مجلة «التايمز» عام 2006.

وأشارت المنظمة العالمية للأحوال الجوية إلى أن العديد من مناطق العالم شهدت أحوالا جوية قاسية جدا منذ مطلع العام، وذكرت المنظمة من هذه الظواهر الجوية الشديدة قسوة الأمطار الموسمية الاستثنائية في جنوب آسيا التي أوقعت أكثر من ألفي قتيل في بنجلاديش والهند والنيبال، والفيضانات في بريطانيا وموجة الحر في جنوب شرق أوروبا والإعصار غونو، الذي أوقع خمسين قتيلا في سلطنة عمان وإيران، وتساقط ثلوج غزيرة على جنوب أفريقيا. وبلغت درجات الحرارة على اليابسة في يناير وأبريل 2007 أعلى مستوى سجل حتى الآن لهذين الشهرين، وفق ملاحظات أولية وضعتها المنظمة العالمية للأحوال الجوية.

كما أفاد عالم الأحوال الجوية جان جوزيل - ممثل فرنسا في المجموعة الحكومية لخبراء تطور المناخ - بأن مسألة حصول اختلال في الأحوال الجوية بالتزامن مع ظاهرة الاحتباس الحراري مطروحة، وأنه يجب لزوم الحذر والنظر إلى الأمور من مسافة، وليس هناك حاليا تشخيص حقيقي من العلماء حول وجود رابط بين الأحوال الجوية القاسية والاحتباس الحراري. غير أن الخبراء العالميين في التغييرات المناخية، الذين يصدرون هذه السنة تقويمهم الرابع لارتفاع حرارة الأرض سبق أن أعلنوا عن ارتفاع «وسطي» في معدل درجات حرارة الأرض يبلغ

0.74 درجة مئوية في مائة عام بين 1906 و2005 ويتوقعون زيادة إضافية تتراوح بين 1.8 درجة و4 درجات بحلول نهاية القرن، كذلك تتوقع المجموعة الحكومية لخبراء تطور المناخ تزايد موجات الحر القصوى والأمطار الغزيرة واشتداد الأعاصير الاستوائية والزوابع والعواصف.

كما أن أحد الخبراء نصح بالانتظار بضع سنوات للتمكن من تأكيد وجود أو عدم وجود رابط بين هذه الحالات الجوية القصوى والاحتباس الحراري. وقال إنه يجب إثبات الظاهرة بشكل جيد قبل أي شيء، متسائلا: «هل الحالات الجوية القصوى تتغير فعلا؟»، موضحا أن الأمر ليس بالبساطة التي تخيل للبعض، إذ إن الحالات الجوية القصوى هي من حيث طبيعتها أحداث نادرة، وينبغي الانتظار بعض الوقت للتمكن من وضع إحصاء بالأرقام. ثم ينبغي إقامة رابط مع النشاط البشري، وهذه مرحلة ثانية.

واعتبر خبراء في مركز الأبحاث الجوية الأميركي ومعهد التكنولوجيا في جورجيا، في دراسة نشرت أخيرا، أن الاحتباس الحراري وانعكاساته على حرارة المحيطات وعلى الرياح كان سببا في تضاعف عدد الأعاصير السنوي المسجل في المحيط الأطلسي في القرن العشرين. كما أبرزت دراسة أجراها فريق دولي ونشرتها مجلة «نيتشر» في 23 يوليو 2006 تأثير النشاط البشري في تطور الأمطار الغزيرة جغرافيا خلال القرن العشرين. وأخيرا ذكرت ظاهرتي «النينيو» و«لا نينيا» بين العوامل المسببة لاختلال الأحوال الجوية.

ويعد «النينيو» مسببا لموجة الجفاف التي ضربت أستراليا العام الماضي، وكانت الأسوأ في القرن، بينما تكون ظاهرة «لا نينيا» العكسية سببا في عواصف بالمنطقة الاستوائية من المحيط الأطلسي وموجات برد في أميركا الشمالية وأمطار موسمية أكثر غزارة من العادة في آسيا.

ولفت باحثون بريطانيون أجروا دراسات تقوم على محاكاة الظروف الجوية على الكمبيوتر إلى أن الاحتباس الحراري سيبدأ بالظهور بشكل جلي اعتبارا من 2009 مع تسجيل درجات حرارة قياسية، بعد أن خضعت تأثيراته في السنتين الماضيتين لظواهر طبيعية موازية خففت من حدتها، واعتمد الباحثون البريطانيون في دراستهم على برنامج أدرجوا فيه درجات الحرارة وحركة التيارات في المحيطات وظواهر مناخية مثل «لا نينيا» ثم أجروا عملية محاكاة تغطي فترة عشر سنوات بين 2005 و2014، واستخلصوا أن تدني درجات الحرارة في قسم من المحيط الهادي ومقاومة الاحتباس الحراري في المحيط المتجمد الشمالي يوازنان ارتفاع الحرارة الناتجة عن الغازات الدفيئة. غير أن هذا التعويض الذي يلطف من ظاهرة الاحتباس الحراري سيبقى عابرا، ويتوقع علماء المناخ الذين نشرت نتائج أبحاثهم مجلة «ساينس» أن تتخطى درجات الحرارة في فترة 2005 - 2014 الرقم القياسي الذي سجل العام 1998، السنة الأكثر حرا حتى الآن.

دور بروتوكول كيوتو في ولادة آلية التنمية النظيفة

رغم اعتبار بعض العلماء أن هذه المخاوف مبالغ فيها، فإن أصابع الاتهام تبقى جميعها موجهة إلى الإنسان، وبالتحديد في الدول الصناعية المتقدمة، لأن مصانع تلك الدول تمثل المصدر الأنشط لانبعاث الغازات، وهنا نجحت جهود العلماء والبيئيين في إثارة قلق الحكومات والسياسيين ودفعهم إلى اتخاذ إجراءات للحد من مخاطر هذه الظاهرة والحيلولة دون تحقق تكهنات العلماء للسنوات القليلة المقبلة، وأبرز هذه الخطوات كان بروتوكول كيوتو.

لقد أسفر المؤتمر الذي عقد بمدينة كيوتو اليابانية في ديسمبر 1997 عن اتفاق بين 160 دولة يلزم الدول الصناعية بتقليل انبعاثاتها من غازات الاحتباس الحراري، وقد وقعت كل دول الخليج العربي على هذه المعاهدة، وقدم هذا البروتوكول مجموعة من الآليات العلاجية لعل أشهرها ما عرف بـ «آلية التنمية النظيفة».

وهناك ثلاث آليات مرنة معتمدة في بروتوكول كيوتو لتخفيف انبعاثات الغاز [1]، وهي:

1 - **آلية تجارة الانبعاثات بين البلدان الصناعية Carbon Trading**: فإذا كانت إحدى الدول الصناعية تتوقع انبعاثات أكثر من الحصة المقررة لها خلال سنة ما، ودولة أخرى تتوقع انبعاثات أقل فإن الدولة الأولى تستطيع شراء الفائض من حصة الدولة الثانية.

2 - **البرامج المشتركة بين البلدان الصناعية والبلدان ذات الاقتصادات الانتقالية Joint Im-plimintation**، وهو التعبير الذي يستخدم للرمز إلى البلدان ذات الاقتصادات التي تمر بمرحلة انتقال من النظام الاشتراكي إلى نظام اقتصاد السوق، حيث تشترك الدولتان في التمويل وفي حصة الانبعاثات.

3 - **آلية التنمية النظيفة Clean Development Mechanisim**: وهي آلية طوعية مرنة تقدم بموجبها دولة متقدمة التمويل الكامل لمشروع ما ينفذ في أحد البلدان النامية شرط أن تتوافر في هذا المشروع مواصفات معينة أهمها أن يسهم في خفض انبعاثات الغاز في الدولة النامية، ويحسب هذا التخفي لحساب الدولة المتقدمة بحيث يطرح من انبعاثاتها أي يزيد من حصتها المقررة بموجب البروتوكول، ومن الأمثلة على هذه المشاريع مشاريع حقن الكربون.

ولاعتماد أي مشروع لآلية التنمية النظيفة يتعين توافر معايير معينة منها:

- التطوع وموافقة الأطراف المعنية.
- أن تكون المشاريع حقيقية، وقابلة للقياس وطويلة الأجل وتتصل بالحد من تغير المناخ.
- أن تكون التخفيات في الانبعاثات إضافية على أي تخفيات يمكن أن تحدث في غياب النشاط المعتمد للمشروع.

وهي آليات تلزم الدول المتقدمة التصديق على البروتوكول، في حين أن التزام الدول النامية أو تلك التي هي في طور التطور يعد التزاما تطوعيا، وقد برزت أهمية هذا الجانب لدول الخليج العربي والدول النامية في أنها تمثل أرضا خصبة للمشاريع التي لا تنتج انبعاثات غازية. كما أن هذه الدول بحاجة إلى التطوير وجذب الاستثمارات الأجنبية من أجل التنمية المستدامة، وفي الوقت نفسه تسعى إلى امتلاك التكنولوجيا الحديثة.

آلية التنمية النظيفة Clean Mechanism Development

وتتلخص هذه الآلية في أن كثيرا من الدول المتقدمة تواجه صعوبة في تخفيض نسبة الانبعاثات من مصانعها لأسباب عدة، منها ارتفاع الكلفة بشكل عال، وهنا تسمح آلية التنمية النظيفة بإحداث نوع من التوازن مع الدول النامية التي ليست عليها التزامات في البروتوكول، ولا تسبب في صناعاتها انبعاثات غازية بذلك الحجم الذي يحدث في الدول المتقدمة، وبالتالي فإن هذا التفاوت الشاسع في نسبة الانبعاثات لمصلحة الدول النامية يعد رصيدا لهذه الأخيرة، وهذا الرصيد يجري التعامل معه كأي سلعة، فعندما تعجز دولة متقدمة عن تخفيف حدة انبعاثاتها من الغازات، وتعجز عن تحقيق نسبة التخفيض الملزمة لها، تعمد إلى الاستثمار في دولة نامية من خلال صناعات لا تؤدي إلى هذه الانبعاثات، وهنا فإن المقدار الذي يُوفَّر من الانبعاثات، والذي ما كانت الدولة المتقدمة ستحققه في مصانعها، يُعدُّ رصيدا معنويا تشتريه من الدولة النامية التي استثمرت فيها، أو تشتري ما استطاعت الدول النامية من تحقيقه في نسبة تخفيف الانبعاثات، مما يحدث نوعا من التوازن. والسبب في اللجوء إلى الدول النامية هو أن الاستثمار فيها أقل كلفة بشكل كبير من الدول المتقدمة، وأقل كلفة من محاولة تخفيض الانبعاثات من مصانع الدول الصناعية المتقدمة. بمعنى آخر أن الدول النامية تخفّض نسبة الانبعاثات، ولأنها غير ملزمة بذلك وفق بروتوكول كيوتو فإن هذا التخفيض يعد رصيدا لها تبيعه على دول هي بحاجة إلى تخفيض انبعاثاتها، ونسبة هذا التخفيض الذي اشترته الدولة الصناعية تحتسب كأنه جزء من تخفيفها لانبعاثات مصانعها، وهذا ما يحقق الفائدة لكلا الطرفين، النامي والمتقدم، والنسبة التي جرى تخفيفها أو توفيرها من الانبعاثات في الدول النامية تسمى رصيد الكربون Carbon Cridet، وهي تخضع للعرض والطلب وفق السوق.

لذلك، يتعين على دول الخليج العربي وضع الآليات والخطوات اللازمة لتنفيذ آلية التنمية النظيفة والترويج لها في الدول الصناعية، كما يجب وضع برامج للجوانب والمنشآت التي يمكن الاستفادة منها في تقليل الانبعاثات أو احتسابها رصيدا قابلا للبيع مثل مجالات الطاقة والبتروكيماويات والمخلفات وغيرها، وفي النهاية تكون هذه الآلية أحد المؤشرات الأساسية إلى التنمية المستدامة ورصيدا يجب أن نعمل من أجله، الأمر الذي يؤهلنا مستقبلا لأي اتفاقيات

دولية معنية بهذا الجانب. وبذلك ستتمكن دول الخليج العربي من خفض انبعاثات غازات الاحتباس - رغم أنها ليست ملزمة بالتخفيف (علما أن مساهمة دول الخليج العربي من إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون من الإنتاج العالمي حوالي 2 في المائة، لكن متوسط الانبعاثات للفرد في دول الخليج بشكل عام يعد عاليا جدا) - لذلك فإن أي مقدار تقوم بتخفيفه أو تلافيه من الانبعاثات يمكنها بيعه إلى الدول المتقدمة، كأنها تضرب بذلك عصفورين بحجر واحد.

إن مصطلح آلية التنمية النظيفة لم يكن موجودا منذ سنوات، كما أنه يختص أكثر بالدول النامية ويهدف إلى إحداث تنمية مستدامة بالدول النامية من خلال التوفيق بين الاقتصاد والبيئة.

لقد قسم بروتوكول كيوتو الدول إلى نامية ومتقدمة، وقد ألزم البلدان المتقدمة تخفيض انبعاثاتها من الغازات المؤثرة في ظاهرة الاحتباس الحراري، في حين لم يلزم الدول النامية بهذا، لأن فيه عبئا اقتصاديا، ولأن الانبعاثات تتركز أكثر في الدول المتقدمة، وهذا العبء الاقتصادي جعل دولا كبرى لم توقع حتى الآن، مثل الولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا. وهنا تأتي آلية التنمية النظيفة ضمن البروتوكول كمشجع للدول النامية للدخول في هذا المجال، وبالتالي تكون الآلية بين طرفين: الأول متقدم وعليه التزامات، والآخر ليس عليه التزام، بذلك يفتح المجال للطرف الأول للاستثمار في أراضيه بصناعات لا تؤدي إلى انبعاثات غازية، ويقوم المستثمر بدفع قيمة ما تم تلافيه من انبعاثات للطرف الثاني، فمثلا على اليابان التزامات بتخفيض الانبعاثات، وهذا مكلف جدا وعبء على اقتصادها، لذلك من الاسهل عليها أن تستثمر في دول الخليج العربي، مثلا، من خلال مشاريع لا تؤدي إلى انبعاثات مثل مشاريع التبريد والتحلية وإنتاج الكهرباء من طاقة الرياح والشمس والمياه، وما يتم توفيره من انبعاثات من خلال هذه الصناعات يسمى (رخص الكربون Carbon Cridet) تشتريه اليابان من دول الخليج العربي ويحتسب ضمن رصيد اليابان في تخفيض نسبة انبعاثاتها هي، وهذه العملية مفيدة للطرفين، فالدولة المتقدمة ستحقق نسبة التخفيض الملزمة بها من خلال شراء حصص الدول النامية غير الملزمة بالتخفيض، والدولة النامية تنتفع من خلال جلب الاستثمارات وتطوير التكنولوجيا فيها، والاستفادة من مشروعات تحافظ على نظافة البيئة، فضلا عن توافر فرص العمل ودخول رؤوس الأموال إليها.

ويرى بعض الخبراء أن ما يشجع الدول المتقدمة على اللجوء إلى دول الخليج العربي والدول النامية في هذه الآلية هو انخفاض كلفة الاستثمار في الدول النامية، وكذلك أسعار الأراضي والتكنولوجيا والعمالة، ثم إن كثافة الانبعاثات في الاقتصاد بالدول المتقدمة أضعف، بمعنى أننا إذا استثمرنا مليون دولار في دولة متقدمة، ومثلها في دولة نامية، فإن حجم الانبعاثات الذي نوفره في الدولة النامية يكون أكبر، أضف إلى ذلك أمرا ثالثا وهو أن مجال تخفيف

الانبعاثات في الدول النامية والمساحات الشاسعة فيها أكبر بكثير من المتقدمة، ويمكن للدول النامية أن تبيع رخص الكربون (وهي كمية الانبعاثات التي وفرها المشروع) في سوق خاصة تعرض فيها الرُّخَص للبيع والشراء.

لقد صنف البروتوكول دول الخليج العربي ضمن الدول النامية أو ما يسمى بالملحق الثاني، وبالتالي ليس عليها تخفيف إلزامي، لكن هذا لا يعني أنها غير ملزمة بشيء تماما، بل هي مطالبة بخطة للتخفيف الطوعي، أي أنه التزام أدبي أكثر منه قانوني، وهذا ما يجب أن نستثمره من أجل استقطاب استثمارات أجنبية تنقل إلينا التكنولوجيا المتطورة والمشاريع النظيفة التي لها انعكاساتها الإيجابية في الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، علما أن أي مشروع ينفذ في هذا الجانب يجب أن يكون مصدقا عليه وطنيا ودوليا، ولابد من توافر شروط للتصديق منها:

1 - وجود سلطة وطنية لآلية التنمية النظيفة التي تمنح تراخيص التخفيض وتصدق على الرخص، وهذه السلطة تعتبر مؤسسة مستقلة لها مجلس إدارتها وسكرتاريتها الدائمة وتعمل بشكل مستقل.

2 - وجود دراسة وطنية تمثل خطا مرجعيا لقياس نسبة خفض الانبعاثات، حيث توضح الدراسة حجم الانبعاثات الحالية وبناء عليه تبنى المشاريع الجديدة حتى نضمن أن أي مشروع جديد يضيف شيئا وليس مجرد مشروع بديل.

3 - وجود دليل الاستثمار، وهو دليل يقدم للمستثمرين قائمة بالفرص والمجالات والقطاعات المتاحة والحوافز التي تقدمها الحكومة لكل مجال والسياسات الموجودة، أي نسوّق لدول الخليج العربي كمراكز للاستثمار في هذا الجانب.

4 - توافر مختصين وخبراء معنيين بهذه الآلية.

إن دول المنطقة تستخدم النفط والغاز في توليد الكهرباء بشكل مكثف، وهما ما يمكن استبدال بهما أو تعزيزهما بمشاريع جديدة لا تولد الانبعاثات كالطاقة الشمسية التي تزخر بها دول الخليج العربي (حوالي 7 كيلوات ساعة/ م^2 لكل يوم، علما أن المطلوب اقتصاديا هو 5 كيلوات ساعة/ م^2 لكل يوم) وطاقة الرياح (حوالي 8 م/ث على ارتفاع 100متر، علما أن المطلوب اقتصاديا هو 7م/ث)، خصوصا أن كثافة الكربون في الاقتصاد عالية، وطبيعة المناخ الاستثماري العام في دول الخليج العربي مشجعة، بسبب سهولة الحصول على الرخص وسهولة انتقال رؤوس الأموال والانفتاح والاستقرار والبنية التحتية القوية وغيرها، وكل هذه المؤشرات تدل على إمكان الاستثمار في هذا الجانب.

ويؤدي برنامج الأمم المتحدة للبيئة دورا أساسيا في ما يتعلق بآلية التنمية النظيفة، وله برامجه وخططه لدعم الدول النامية من أجل الاستفادة من هذه الآلية.

إن آلية التنمية النظيفة هي آلية مرنة وضعت من أجل الدول المتقدمة لتأمين تخفيض انبعاثاتها من غازات الاحتباس الحراري، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون، والوصول إلى المستوى المطلوب، وهو التخفيض بمقدار 5.2%، وفي المقابل تقدم الآلية فرصا للدول النامية للاستفادة من نقل التكنولوجيا الحديثة إليها ونقل الاستثمارات والمشاريع إلى أراضيها، وبالتالي يستفيد ويربح كلا الطرفين، خصوصا أن خفض نسبة الانبعاثات في الدول النامية يكون بأسعار اقتصادية مقارنة بالدول المتقدمة، حيث إن هناك التزامات على الدول الصناعية بتخفيض نسبة الانبعاثات لكن قد يتطلب ذلك مبالغ هائلة، في حين أن إقامة مشاريع واستثمارات في دول نامية تتطلب كلفة أقل بكثير.

إن الدول التي عليها التزامات ومسؤوليات بتخفيف حدة انبعاثاتها من الغازات تستطيع أن تخفف بعدة طرق، منها الاستثمار في دول نامية في مشاريع تحقق نسبة التخفيض المطلوبة، وبالتالي تستفيد هي بتوسيع استثماراتها وبتحقيق التخفيض بكلفة أقل بكثير مما لو كانت في أراضيها، فتخفيض الطن من انبعاثات الغاز في دولة نامية أرخص بكثير منه في دولة متقدمة لأسباب كثيرة منها رخص الأراضي والعمالة والضرائب والميزات التي تقدمها كثير من الدول النامية لجلب الاستثمارات، وعند تنفيذ هذه المشاريع ينتج ما يسمى «شهادة تخفيض الانبعاثِ Certificates of Emission Reductions (CERs)» التي تمنح وفق إجراءات محددة وصارمة اتفق عليها ضمن الآلية، والمسؤول عن إصدارها هو المجلس التنفيذي. إن شهادة التخفيض هذه تكون إما بتقليل غازات الانبعاث الحراري في بعض المشاريع، وإما بإنشاء مشاريع جديدة تكون انبعاثاتها أقل من المشاريع التقليدية. والدولة النامية التي تحصل على هذه الشهادات يمكنها أن تبيعها لدولة متقدمة تحسب ضمن رصيدها في النسبة الملزمة هي بتخفيفها. ويمكن لصاحب المشروع أن يبيع هذه الشهادات لأي دولة تحتاج إليها، فهناك سوق يسمى سوق الكربون يخضع للعرض والطلب، مثل أن تدفع دولة ما لكل شهادة تخفيض 12 يورو لكل طن من ثاني أكسيد الكربون بدلا من 7 يورو.

والشرط الأساسي الوحيد للسماح للولوج في هذا السوق البيئي هو أن تكون الدولة عضوا في الاتفاقية وقد صدقت على بروتوكول كيوتو، علما أن هذا البروتوكول لم يدخل حيز التنفيذ إلا في عام 2005.

وهناك ترتيبات مؤسسية محددة وفق كل دولة يجب أن يُبدأ بها، من ضمنها إنشاء ما يسمى السلطة الوطنية Domistic National Authority DNA التي تعطي الموافقة الرسمية للدولة للبدء بأي مشروع يندرج ضمن آليات التنمية النظيفة، ومن دون هذه الموافقة لا يمكن أن ينفذ المشروع.

هناك مشاريع ومجالات وقطاعات محددة في آليات التنمية النظيفة يمكن الاستثمار فيها، ومن ضمن هذه المشاريع استخدام الطاقة المتجددة، وزيادة كفاءة الطاقة، وتطوير حزام النفايات، وإدارة النفايات الصلبة، والصناعات الكيميائية، وقطاع النقل والمواصلات، والصناعات المعدنية وغيرها.

كما تمكن الاستفادة من كثير من هذه المشاريع، مثل مدافن النفايات الصلبة، حيث يمكن تصميمها بحيث يُجمَّع غاز الميثان الناتج عن هذه المدافن بدل حرقه، ويمكن استخدامه بعد المعالجة كغاز طبيعي لتوليد الطاقة، وبالتالي تنخفض كمية انبعاثات غاز الاحتباس الحراري، ويمكن أن يدخل ذلك في رصيد صاحب المشروع. وهناك مجالات أخرى تمكن الاستفادة منها في دول الخليج العربي، مثل تطور مصافي النفط والتكرير، والانتقال من الأساليب التقليدية إلى الحديثة، وبالتالي تستفيد الدول بتطوير معامل التكرير فيها، وفي الوقت نفسه توفر أرصدة كربون إضافية، هذا فضلا عن قطاعات النقل والمواصلات، والمعادن والصناعات الكيميائية والصناعات المعدنية كالألمنيوم، فكلها مجالات يمكن تطويرها واستخدامها ضمن آليات التنمية النظيفة.

ويساهم اليونيب في بناء القدرات لدى الدول النامية من أجل التعامل مع آليات التنمية النظيفة، وبناء قدرات من أجل استقطاب مشاريع واستثمارات، وجعلها تتوافق وتخدم الخطة العامة في الدولة، فهناك مشاريع قد تكون مفيدة للمستثمر لكنها لا تضيف شيئا إلى الاقتصاد الوطني. فاليونيب دوره يتمثل في تقديم الدعم الفني وبناء القدرات المؤسسية وتأهيل الكوادر البشرية، ومن ثم التعامل مباشرة مع السلطة الوطنية DNA، وتكون ممثلة من جميع القطاعات ذات الصلة.

إن أكبر معوق للاستفادة من آلية التنمية النظيفة هو غياب الوعي في ما يتعلق بأهمية هذه الآليات والاستثمار فيها، خاصة عند القطاعات الصناعية، وهذا بسبب قصور المعلومات عن هذه الفرص، والمعوق الثاني يعد فنيا ويتمثل في نقص الخبراء المحليين في هذا المجال، أو في كتابة مشاريع أو مقترحات في هذا الجانب. ويأتي هنا دور اليونيب في المساعدة وتطوير الجوانب التنفيذية وبناء القدرات. والمعوق الآخر مؤقت، وهو - ربما - غياب السلطة الوطنية في دول مجلس التعاون الخليجي، لذا يجب إنشاؤها بالسرعة الممكنة.

لقد كان من الممكن أن تستفيد دول الخليج من بعض مشاريعها البيئية المتميزة، مثل توليد الكهرباء من الرياح في مبنى برج التجارة العالمي في البحرين (660كيلوواط) في برنامج آلية التنمية النظيفة لو كان قد فُكِّر في الأمر مبكرا وقبل الإنشاء، وبالتالي تسجيلها ضمن مشاريع الآليات لأنها تولد الطاقة من دون أن تنتج انبعاثات، وبالتالي يؤدي الاعتماد عليها إلى تقليل الاعتماد على المصدر الآخر للتوليد، الذي يسبب الانبعاثات، لكن نظرا إلى أن إنشاءها تم قبل تسجيلها كمشروع ضمن الآليات فإنها لم تحظَ بالفائدة من آلية التنمية النظيفة.

مما سبق، يتعين على دول الخليج العربي توسيع وتعجيل إدراج آلية التنمية النظيفة وتطبيقاتها وما يتطلب تطوير الهيكل القانوني والنظامي للسلطات الوطنية في أقرب وقت ممكن، وبأسلوب يتناسب ويتلاءم مع المصلحة الاقتصادية الوطنية لها، وكذلك تشكيل لجنة وطنية مصغرة لتسيير وتفعيل آلية التنمية النظيفة على المستوى الوطني، مشكلة من الهيئات الحكومية ذات الصلة والمكلفة بقطاعات التنمية المختلفة، بمشاركة أعضاء من القطاع الخاص.

يرى أحد الخبراء أن آلية التنمية النظيفة ستعني ظهور صناعة قائمة بذاتها، مبنية على استشارة الخبراء ومهندسي مختلف القطاعات الاقتصادية وخبراء المال والمحاسبة القادرين جميعا على إدماج جوانب بروتوكول كيوتو في تصورهم العام على تقييم الربح والخسارة إلى غيرذلك من الأمور. وهذا سيوفر فوائد اجتماعية واقتصادية كثيرة لعل أقلها أن الاستثمار في هذا المجال سيوفر فرصا وظيفية للشباب الخليجي وانتشار الوعي والميل إلى أن تكون ممارساتنا البيئية سليمة في الحياة العامة والإنتاج الصناعي؛ فالاهتمام بالبيئة لم يعد مسألة سهلة أو امتثالا تقليديا للانعكاسات البيئية، بل أصبح مساهمة محلية في القضايا العالمية ذات الاهتمامات الحيوية للبشرية أجمع مساهمة من الجميع في الجهود المشتركة لإبطاء أي تغير مناخي محتمل.

وفي ما يلي عرض واف حول آلية التنمية النظيفة يساعد متخذي القرار على الاستفادة القصوى منه بعد أن تستوفى كل متطلبات وشروط ومعايير بنوده . وقد استُنبط من كتيب برنامج الأمم المتحدة الإنمائي UNDP الذي تولت جمهورية مصر العربية ترجمته بالعربية، ويمكن الرجوع إلى الأصل من خلال الموقع:

http://www.eeaa.gov.eg/english/reports/CC/cdm%20guidebook-arabic.pdf

خلفية

برز التغير المناخي على جدول الأعمال السياسي في منتصف الثمانينيات مع الدلائل العلمية المتزايدة على التداخل البشري في النظام المناخي العالمي، ومع الاهتمام الجماهيري المتنامي حول البيئة، لذا بادر برنامج الأمم المتحدة الإنمائي UNDP مع المنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO إلى تأسيس الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC (حصلت أخيرا على جائزة نوبل للسلام مناصفة مع نائب الرئيس الأمريكي آل جور) عام 1988، لتمد صانعي السياسات بالمعلومات العلمية الجازمة، ولقد أنيط بالهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، التي تتكون من مئات من كبار العلماء والخبراء في الدفيئة العالمية global warming واجب تقدير حالة المعرفة العلمية في ما يختص بالتغير المناخي، وتقييم تأثيراته البيئية والاقتصادية الاجتماعية، وبلورة نصح ومشورة سياساتية واقعية.

ولقد نشرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تقريرها الأول عام 1990 منتهيا إلى أن التراكم المتنامي لغازات الدفيئة greenhouse gases (GHGs) بشرية المنشأ في الجو قد يعزز تأثير الصوب الزجاجية greenhouse effect، متسببا في المتوسط في دفيئة مضافة إلى سطح الأرض بحلول القرن التالي (أي القرن الحادي والعشرين) ما لم تُبنَ إجراءات تحد من الابتعاثات.

وأكد التقرير أن التغير المناخي كان بمنزلة التهديد الذي تطلب اتفاقا دوليا لمعالجة المشكلة، وقد استجابت الجمعية العامة للأمم المتحدة بالإعلان رسميا عن مفاوضات حول اتفاقية إطارية بشأن التغيرات المناخية وتأسيس «لجنة التفاوض الحكومية الدولية» لتطوير الاتفاقية. وقد بدأت التفاوضات لبلورة اتفاقية تعنى بحماية المناخ العالمي عام 1991، وأسفرت عند اكتمالها في مايو 1992 عن الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ UN-FCCC.

إن الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ قد افتتحت للتوقيع في أثناء انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية (قمة الأرض) في ريو دي جانيرو بالبرازيل في يونيو 1992، ودخلت حيز التنفيذ في مارس 1994، وقد أرست الاتفاقية هدفا نهائيا يقضي بتثبيت التركيزات الجوية لغازات الدفيئة عند مستويات آمنة، ولإحراز هذا الهدف يقع على عاتق جميع الدول التزام عام بمعالجة التغير المناخي، والتواؤم مع آثاره، وتقديم تقارير بالإجراءات التي تتخذ لتنفيذ الاتفاقية. وتقسم الاتفاقية الدول إلى مجموعتين: دول المرفق الأول والدول الصناعية، التي أسهمت تاريخيا على الأكثر في التغير المناخي وغير دول المرفق الأول، التي تشتمل بالدرجة الأولى على الدول النامية، وتتطلب مبادئ «المساواتية» equity المسؤوليات المشتركة لكنها متباينة common but differentiated responsibilities، المتضمنة في الاتفاقية من دول المرفق الأول أن تأخذ بزمام المبادأة في العودة بابتعاثاتها من غازات الدفيئة إلى مستويات عام 1990بحلول عام 2000. إن آلية التنمية النظيفة ستعني ظهور صناعة قائمة بذاتها، مبنية على استشارة الخبراء ومهندسي مختلف القطاعات الاقتصادية وخبراء المال والمحاسبة القادرين جميعا على إدماج جوانب بروتوكول كيوتو في تصورهم العام على تقييم الربح والخساره إلى غير ذلك من الأمور. وكلنا يقين بأن ذلك سيوفر فوائد اجتماعية واقتصادية جمة لعل أقلها أن الاستثمار في هذا المجال سيوفر فرص عمل لدول المنطقة، كما أنها ستساعد على انتشار الوعي والميل إلى أن تكون ممارساتنا البيئية سليمة في الحياة العامة والإنتاج الصناعي.

بروتوكول كيوتو Koyoto Protocole

أنشأت الاتفاقية مؤتمر الأطراف Conference of the Parties (COP) بوصفه هيئتها العليا المسؤولة عن مباشرة ومراقبة التقدم نحو هدف الاتفاقية، وفي دورته الأولى في برلين بألمانيا (COP1)

أقر مؤتمر الأطراف أن التزامات ما بعد عام 2000 قد وضعت فقط لأطراف المرفق الأول، وخلال مؤتمر الأطراف الثالث (COP3) في كيوتو باليابان تكونت مجموعة من الالتزامات المقيدة قانونا لعدد 38 دولة صناعية وعدد 11 دولة في وسط وشرق أوروبا؛ لتعود بابتعاثاتها من غازات الدفيئة إلى 2008 - متوسط تقريبي مقداره 2.5 في المائة أقل من مستوياتها لعام 1990 خلال فترة الالتزام 2012، ويسمى ذلك بروتوكول كيوتو للاتفاقية الإطارية.

وتغطي الأهداف ستة غازات دفيئة رئيسية: ثانى أكسيد الكربون CO_2 والميثان CH_4، ومركبات الهيدروفلوروكربون (HFCs)، المركبات الكربونية الفلورية الهيدروجينية، النيتروزN_2O وهكسافلوريد الكبريت، ومركبات البيرفلوروكربون (PFCs)، والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة، وسادس فلوريد الكبريت. ويتيح البروتوكول كذلك لهذه الدول خيار إقرار أي من هذه الغازات الستة سيشكل جزءا من استراتيجيتها القومية لتقليص الابتعاثات وبعض الأنشطة في قطاع استخدام الأرض والتغير في استخدام الأرض والحراجة Land Use, Land Use Change and Forestry LULUCF مثال التحريج (زراعة الغابات) وإعادة التحريج، التي تمتص ثانى أكسيد الكربون من الجو، تمت تغطيتها كذلك.

ولقد استمرت التفاوضات بعد كيوتو لتنمية التفصيلات التشغيلية (التنفيذية) للبروتوكول وتطويرها، فبينما حدد البروتوكول عددا من الطرائق والوسائل لمساعدة الأطراف على بلوغ مستهدفاتها لكنه لم يتوسع في التفاصيل، وبعد أكثر من أربعة أعوام من المساجلات والنقاش والجدل وافقت الأطراف في مؤتمر الأطراف السبعة في مراكش (المغرب) على كتاب قواعد شامل (أو كتاب لوائح وأحكام COP الأطراف السابع - عرف باتفاقات مراكش في كيفية تنفيذ بروتوكول كيوتو، وتعنى الاتفاقات كذلك بتزويد الأطراف بالوضوح الكافي كي تأخذ بعين الاعتبار المصادقة على البروتوكول).

آلية التنمية النظيفة والآليات التعاونية

يؤسس البروتوكول ثلاث آليات تعاونية صممت لتساعد أطراف المرفق الأول على تقليل تكاليف الوفاء بمستهدفاتها للابتعاثات عن طريق إحراز خفوضات الابتعاثات في دول أخرى بتكاليف أقل مما هو باستطاعتها محليا، وهذه الآليات على النحو التالى:

- تجيز التجارة الدولية للابتعاثات International Emissions Trading للدول أن تحول جزءا من «ابتعاثاتها المجازة» إلى وحدات الكميات المعينة بمقتضى البروتوكول.

- **يتيح التنفيذ المتشارك** (JI) Joint Implementation للدول أن تطالب باعتماد شهادة أو سند لخفض الابتعاثات الناشئ عن استثمار يتحقق في دول صناعية أخرى ويسفر عن تحويل «وحدات خفض الابتعاثات» بين الدول.

- **تجيز آلية التنمية النظيفة** Clean Development Mechanism (CDM) مشروعات خفض الابتعاثات التي تساعد الدول النامية على إدراك التنمية المستدامة، وتولد في الوقت ذاته «خفوضات ابتعاثات معتمدة» يمكن استخدامها بوساطة الدول أو الشركات المستثمرة.

وتمنح آلية التنمية النظيفة الدول وشركات القطاع الخاص فرصة خفض الابتعاثات أينما تكون التكلفة أقل، حيث يمكنها عندئذ أن تحتسب هذه الخفوضات تجاه مستهدفاتها الخاصة، على أن أيا من هذه الخفوضات يتعين أن يكون تكميليا للإجراءات المحلية التي تتخذها دول المرفق الأول داخل حدودها.

وبإمكان الآليات أن تستحث الاستثمارات الدولية وتدفعها من خلال مشروعات خفض الابتعاثات، وأن توفر الموارد الجوهرية للنمو الاقتصادي الأنظف في كل أنحاء العالم، وتستهدف آلية التنمية النظيفة، على الخصوص، مساعدة الدول النامية في إحراز التنمية المستدامة بتعزيز الاستثمارات الصديقة بيئيا من حكومات الدول الصناعية وقطاعات الأعمال فيها.

يجب أن يساعد التمويل الموجه - من خلال آلية التنمية النظيفة، الدول النامية على بلوغ بعض مستهدفاتها للتنمية المستدامة اقتصاديا واجتماعيا وبيئيا، كالهواء الأنقى، والماء الأنظف، والاستخدام المحسن للأراضي، مصاحبة جميعها بالمنافع الاجتماعية كالتنمية الريفية، وتوظيف العمالة، والتخفيف من الفقر، والاعتماد المتناقص على الوقود الأحفوري في حالات عدة. وبالإضافة إلى حفز وتشجيع أولويات الاستثمارات الخضراء بالدول النامية تقدم آلية التنمية النظيفة فرصة سانحة لإحراز تقدم متزامن في المناخ والتنمية والقضايا البيئية المحلية، ويجب أن توفر مطامح أمثال هذه المنافع للدول النامية - التي ربما تكون محاصرة، خلافا لذلك، بحاجاتها الاقتصادية والاجتماعية الملحة - حافزا قويا لتشارك في آلية التنمية النظيفة.

نظرة إجمالية إلى آلية التنمية النظيفة

تتيح آلية التنمية النظيفة لطرف من المرفق الأول أن ينفذ مشروعا يقلل من ابتعاثات غازات الدفيئة، أو يزيل - تحت مشارطات محددة - غازات الدفيئة باحتجاز الكربون، داخل حدود طرف من غير دول المرفق الأول، ويمكن لخفوضات الابتعاثات المعتمدة عندئذ (التي تعرف بالتعبير الاصطلاحي CERs) أن تستخدم بوساطة الطرف من المرفق الأول لمساعدته في الوفاء بمستهدفاته لخفض الابتعاثات.

الإدارة Adminstration

يشرف على آلية التنمية النظيفة المجلس التنفيذي Executive Board (EB) للآلية الذي يعمل بتفويض من أطراف الاتفاقية، ويتكون المجلس التنفيذي من عشرة أعضاء يضمون ممثلا واحدا لكل

من المناطق الخمس الرسمية للأمم المتحدة (أفريقيا، وآسيا، وأمريكا اللاتينية والكاريبي، وشرق ووسط أوروبا، ومنظمة التعاون الاقتصادى والتنمية (OECD) وممثلا واحدا من الدول النامية الجزرية الصغيرة، وممثلين اثنين أحدهما من دول المرفق الأول والآخر من غير دول المرفق الأول).

وسوف يعتمد المجلس التنفيذي أجهزة مستقلة - تعرف بالكيانات التشغيلية - التي ستصادق رسميا على المشروعات المقترحة لآلية التنمية النظيفة، وتفحص وتحقق وتؤكد صحة خفوضات الابتعاثات الناتجة عنها وتمنح الشهادة لخفوضات الابتعاثات هذه بوصفها «خفوضات ابتعاثات معتمدة». وتشمل الواجبات الرئيسية الأخرى للمجلس التنفيذي حفظ سجل الآلية النظيفة، الذي سيصدر «خفوضات الابتعاثات المعتمدة» الجديدة، وتسيير حساب «لخفوضات الابتعاثات المعتمدة» المكرسة لنفقات المواءمة والإدارة، والاحتفاظ بحساب خفوضات ابتعاثات معتمدة لكل طرف من غير المرفق الأول يستضيف مشروعا لآلية التنمية النظيفة.

المشاركة Participation

يتعين على جميع الأطراف (أطراف المرفق الأول وغير المرفق الأول)، كي يمكنها المشاركة في آلية التنمية النظيفة، أن تستوفي ثلاثة متطلبات رئيسية:

1 - المشاركة الطوعية.

2 - تأسيس السلطة الوطنية لآلية التنمية النظيفة.

3 - المصادقة على بروتوكول كيوتو، أكثر من ذلك يتحتم على أطراف المرفق الأول أن تفي بمتطلبات إضافية كما يلي:

أ - تأسيس الحصة المتعينة assigned amount بمقتضى المادة 3 من بروتوكول كيوتو.

ب - إقامة نظام وطني لاحتساب غازات الدفيئة.

ج - إنشاء تسجيل قومي لغازات الدفيئة.

د - إعداد المخزون السنوي للدولة من غازات الدفيئة.

هـ - وضع نظام احتسابي لبيع وشراء خفوضات الابتعاثات.

صلاحية المشروع للاختيار Project Eligibity

يشترط بروتوكول كيوتو عدة معايير يتحتم على مشروعات آلية التنمية النظيفة أن تلتزم بها، وتتضمن معيارين دقيقين يمكن تصنيفهما على نحو واسع بالمضافيةadditionality والتنمية المستدامة sustainable development.

المضافية Additionaltity

تقرر المادة 12 من بروتوكول كيوتو أن المشروعات يتحتم أن تسفر عن «خفوضات في الابتعاثات تكون مضافة إلى أي خفوضات قد تتحقق في غياب النشاط المعتمد للمشروع»،

فمشروعات آلية التنمية النظيفة يتحتم أن تؤدي إلى منافع حقيقية، يمكن قياسها، وطويلة المدى، ترتبط بتخفيف معين (معروف ومحدد).

التنمية المستدامة Sustainable Development

يحدد البروتوكول الغرض من آلية التنمية النظيفة بأنه لمساعدة أطراف غير المرفق الأول على إحراز التنمية المستدامة، وليس هنالك دليل عام مشاع لمعيار التنمية المستدامة، بل متروك للدول النامية المضيفة أن تحدد معاييرها الخاصة بها وأسلوبها الخاص للتقييم، ويمكن بصفة عامة أن تُنسَق فئات معايير التنمية المستدامة وتُنوع بوصفها:

- **معايير اجتماعية**: المشروع يحسن جودة الحياة، ويخفف من الفقر، ويكرس المساواتية.
- **معايير اقتصادية**: المشروع يوفر عائدات مالية للكيانات المحلية، ويسفر عن تأثير إيجابي في ميزان المدفوعات، ويحول التكنولوجيا الجديدة.
- **معايير بيئية**: المشروع يقلص ابتعاثات غازات الدفيئة واستخدام الوقود الأحفوري، ويحفظ الموارد المحلية، ويخفف الضغط على البيئات الموضعية، ويوفر الصحة والمزايا البيئية الأخرى، ويفي بأغراض سياسات الطاقة والبيئة.

القيمة الوطنية والمنافع National Value and Benefits

المبدأ الأساسي لآلية التنمية النظيفة بسيط: الدول المتقدمة يمكنها أن تستثمر في فرص منخفضة التكلفة للتخفيف من غازات الدفيئة داخل الدول النامية، وتتلقى نظيرها اعتمادات خفوضات الابتعاثات الناتجة، فتقلل بذلك استقطاعات الابتعاثات المطلوبة داخل حدودها، وبينما تخفض آلية التنمية النظيفة تكلفة إذعان الدول المتقدمة للبرتوكول ستفيد الدول النامية كذلك ليس فقط من التدفقات الاستثمارية المتزايدة، لكن أيضا من اشتراط أن هذه الاستثمارات تعطى دَفعة لأغراض التنمية المستدامة، إذ تشجع آلية التنمية النظيفة الدول النامية على المشاركة بوعدها أن أولويات ومبادرات التنمية ستعالج بوصفها جزءا من الحزمة، وذلك بإدراك أن جميع الدول ستكون فقط - من خلال التنمية على المدى الطويل - قادرة على أداء دور في حماية المناخ. من منظور الدول النامية، يمكن لآلية التنمية النظيفة أن:

- تجتذب رأس المال للمشروعات التي تساعد في الانتقال نحو اقتصاد أكثر رفاهية لكنه أقل تكثيفا للكربون.
- تشجع وتسمح بمشاركة فعالة لكل من القطاعين العام والخاص.
- توفر وسيلة لنقل التكنولوجيا إذا ما وجه الاستثمار نحو مشروعات تستبدل تكنولوجيا الوقود الأحفوري القديمة غير الكفء أو تبدع صناعات جديدة بتكنولوجيات مستدامة بيئيا.
- تمكن من تحديد الأولويات الاستثمارية في مشروعات تستجيب لمستهدفات التنمية المستدامة.

وبنوع خاص يمكن لآلية التنمية النظيفة أن تعاضد أهداف التنمية المستدامة لدولة نامية من خلال:

- نقل التكنولوجيا والموارد المالية.
- الأساليب المستدامة لإنتاج الطاقة.
- الكفاءة المتزايدة للطاقة والحفاظ عليها.
- التخفيف من الفقر من خلال توليد الدخل وفرص التوظف.
- المزايا البيئية المحلية المضافة.

والواقع أن الدافع للنمو الاقتصادي يستقطب كلا من التهديدات والفرص للتنمية المستدامة، فبينما تكون الجودة البيئية عنصرا جوهريا لعملية التنمية، هنالك في الممارسة الواقعية توتر كبير بين الغايات الاقتصادية والبيئية، فالوصول المتزايد للطاقة والإمداد بالخدمات الاقتصادية الأساسية إذا ما طور ونُمي على مسارات تقليدية قد يسبب تدهورا بيئيا مستمرا على كل من النطاقين المحلي والعالمي، لكن برسم مسار جديد وتدبير العون التكنولوجي والمالي الذي ينساب فيه فإن العديد من المشكلات الكامنة والمحتملة يمكن تجنبها.

وبمقارنة المشروعات المنتقاة لآلية التنمية النظيفة بما قد ينفذ خلافا لها فإن أغلبيتها ستؤدي بوضوح، ليس فقط إلى مزايا خفض الكربون، لكن أيضا إلى وجود مدى من المزايا البيئية والاجتماعية داخل الدول النامية، فمنافع التنمية المستدامة قد تتضمن خفوضات في تلوث الهواء والماء من خلال الاستخدام المتناقص للوقود الأحفوري، على الأخص الفحم والنفط، لكنها تمتد كذلك إلى الإتاحية المحسنة للمياه، والتآكل المتضائل للتربة، والتنوع الأحيائي المصون، ومن ناحية منافعها الاجتماعية، فالعديد من المشروعات قد تبدع فرص التوظف في المناطق المستهدفة أو لفئات الدخل الأدنى، وتعزز الاكتفاء الذاتي المحلي من الطاقة، لذا فغايات خفض الكربون والتنمية المستدامة يمكن تعقبها والجد في طلبها على نحو متزامن.

إن عديدا من الخيارات تحت آلية التنمية النظيفة يمكن أن تبدع مزايا مزدوجة بالغة القيمة والأهمية في الدول النامية، تعالج المشكلات البيئية المحلية والعالمية وترتقي بالغايات الاجتماعية، وفي ما يختص بالدول النامية التي قد تعي الأولوية خلافا لذلك للاحتياجات الاقتصادية والبيئية العاجلة، فإن منظور المنافع المتآزرة المهمة يتعين أن يمدها بباعث قوي للمشاركة في آلية التنمية النظيفة.

التعاضد بين مشروعات الآلية النظيفة والأولويات الوطنية للتنمية المستدامة

Synergies between CDM Projectss and National Sustainable Development Priorities

على النحو الذي وُصف في الفصل السابق، يشترط بروتوكول كيوتو حتمية أن تساعد مشروعات آلية التنمية النظيفة الدول النامية على إحراز التنمية المستدامة كي يمكنها استيفاء معايير

الصلاحية واللياقة للاختيار، على أن مقياس التنمية المستدامة يجب ألا ينظر إليه فقط بوصفه متطلبا ضروريا لآلية التنمية النظيفة، بل بوصفه - أيضا - الدافع الرئيسي للدولة النامية الراغبة في المشاركة في آلية التنمية النظيفة، وإنه لكذلك إذ إن اختيار معايير التنمية المستدامة وتقييم تأثيراتها في التفعيل الراهن لبروتوكول كيوتو قد تقررت لتكون أمورا سيادية للدول المضيفة، فما خلا خفض ابتعاثات غازات الدفيئة، سيكون لمشروعات آلية التنمية النظيفة بضعة تأثيرات في الدول المضيفة، بما فيها التأثيرات في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، والتأثيرات في البيئة المحلية، أي التأثيرات في الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة. وعلى ذلك، يمكن للسلطات الوطنية أن تستخدم مقياس التنمية المستدامة لتقييم الرباطات الرئيسية بين غايات التنمية القومية ومشروعات آلية التنمية النظيفة بهدف اختيار وتصميم هذه المشروعات على النهج الذي يبدع ويعاظم التعاضدات، حيثما تستشرفها، مع غايات التنمية المحلية، وإمكانات مثل هذه التعاضدات قائمة وموثقة جيدا. ففي العديد من الدول، توجد أمثلة متنوعة لمبادرات كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة كجزء لا يتجزأ من برامج التنمية الرشيدة مشمولة بمزايا مصاحبة مهمة للتغير المناخي.

وتتضمن الأمثلة الأخرى إصلاح هياكل التسعير، وحماية التربة الزراعية، والحراجة المستدامة، وإعادة هيكلة قطاع الطاقة، وجميعها كانت لها تأثيرات ضخمة في معدلات نمو ابتعاثات غازات الدفيئة، رغم أنها أنجزت من دون أي مرجعية للتخفيف من التغير المناخي أو التواؤم معه، وهذا الاستقصاء يوعز أنه بالإمكان غالبا وضع سياسة بيئية ومناخية معنية بأولويات التنمية التي تكون مهمة وحيوية للدول المضيفة. وباستشفاف الرباطات الرئيسية بين مشروعات آلية التنمية النظيفة وتأثيراتها في الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة يمكن للدول المضيفة أن تصمم وتختار مشروعات آلية التنمية النظيفة التي يصاحبها أكبر مزايا تنموية ممكنة. ويعالج هذا الفصل القضايا الرئيسية المرتبطة بتقييم تأثيرات التنمية المستدامة لمشروعات آلية التنمية النظيفة من هذا المنظور، وهو يعطي أولا مقدمة موجزة لمفهوم التنمية المستدامة، ونوقش فيه مع التوضيح بالأمثلة كيف يتسنى اختيار معايير ومؤشرات التنمية المستدامة الممكنة أو المحتملة لمشروعات آلية التنمية النظيفة بالتأسيس على الغايات الوطنية للتنمية، وقد أتبع ذلك بمثال افتراضي تطبيق مؤشرات التنمية المستدامة على تقييم مشروعات آلية التنمية النظيفة. وينتهي الفصل بتقديم مقترحات عن الخطوات الرئيسية لتقييم التنمية المستدامة بمشروعات آلية التنمية النظيفة.

تقييم تأثيرات التنمية المستدامة - المعايير والمؤشرات

Assessing Sustainable Developments Impacts - Criteria and Indicators

إدراك التنمية المستدامة واختيار معاييرها

تقع الخطوة الأولى في جهد تقييم تأثيرات التنمية المستدامة في مشروع آلية التنمية النظيفة على عاتق الدولة المضيفة كي تحدد وتتخير توجهات ومناحي معينة للتنمية

المستدامة، والأغراض المرتبطة بها، التي تعتبرها من وجهة نظرها مهمة لمستقبلها. ويطلق على هذه المناحي أو الأغراض «معايير التنمية المستدامة». ولا يوجد تعريف مقبول عالميا للتنمية المستدامة، غير أنه يوجد إجماع مشترك للنظر إلى المفهوم بوصفه يحيط بأبعاد ثلاثة: البعد الاجتماعي، والبعد الاقتصادي، والبعد البيئي. وفي الأدبيات النظرية للتنمية المستدامة يتركز التحليل بصفة رئيسية على الموارد البيئية، والحفاظ على أرصدة أو مخزونات الموارد، وبنية أو تركيب أرصدة أو مخزونات هذه الموارد أو «الثروات» الإنسانية، والمشيدة، والاجتماعية، والبيئية على مدى الزمن. وذلك ليس مدعاة إلى الدهشة باعتبار الأصل الذي صدر عنه المفهوم ذاته، بيد أنه في سبيل تفعيل التنمية المستدامة في سياق الدول النامية ومشروعات آلية التنمية النظيفة هنالك احتياج إلى مدخل أكثر براجماتية للتنمية المستدامة بتركيز أقوى على المستهدفات المباشرة أو العاجلة للتنمية كتقليص الفقر، ومزايا صحة البيئة المحلية، وتوليد فرص العمل والتوظف، ومطامح النمو الاقتصادي ... إلخ. وعلى هذا النهج تُرجَّح التعاضدات بين مشروعات آلية التنمية النظيفة والغايات الوطنية للتنمية المستدامة، وترتب أفضلياتها. وعلى ذلك فالمدخل البراجماتي المقترح هو للتركيز على معايير التنمية العاجلة المرتبطة بالأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة، مع ترك غايات خفض ابتعاثات غازات الدفيئة تمثل معايير بعيدة المدى للتنمية المستدامة. والمغزى الكامن وراء هذا الافتراض ومع قوله هو أن:

أ - المعايير المرتبطة بالمساواتية داخل فئات الأمة وأجيالها تعتبر محورية لمفهوم التنمية المستدامة، وهي غاية كبرى للجهود العالمية على نحو ما صيغت في المواثيق الدولية كأهداف التنمية للألفية الثالثة.

ب - التنمية والنمو الاقتصادي في الدول النامية ليسا بالضرورة على تضاد أو تعارض أو انفصام مع التنمية المستدامة على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي في المديين القصير والطويل. فضلا عن ذلك، فإن سياسات التنمية الرشيدة التي ترتكز على تعزيز الكفاءة بصفة عامة، وتشجيعها وحفزها في إنتاج الطاقة واستخدامها كذلك، من المقدر أن تفيد كلا من غايات التنمية العاجلة - بما فيها النمو الاقتصادي - والتنمية المستدامة. وفي الممارسة الواقعية يعكس هذا المدخل البراجماتي ما تركز عليه الدول النامية بالفعل في تحديدها لمعايير المستدامية لمشروعات آلية التنمية النظيفة، ويعرض الجدول (1) في ما يلي أمثلة تبين معايير التنمية المستدامة لفحص (أو غربلة) مشروعات آلية التنمية النظيفة، مختارة من بعض الدول النامية التي قطعت شوطا في تحديد هذه المعايير .

الجدول (1): أمثلة من معايير التنمية المستدامة المحددة من قبل دول مضيفة [2]

معايير اجتماعية
تحسين جودة الحياة
تخفيف الفقر
تحسين المساواتية
معايير اقتصادية
تزويد الكيانات المحلية بعوائد مالية
إنتاج تأثير إيجابي في ميزان المدفوعات
نقل التكنولوجيا الجديدة
معايير بيئية
تقليص ابتعاثات غازات الدفيئة وتقليل استخدام الوقود الأحفوري
الحفاظ على الموارد المحلية
تخفيف الضغط على البيئات المحلية
توفير منافع الصحة المحسنة والمنافع البيئية الأخرى
تحقيق إماميات محفظة الطاقة المتجددة المحلية والسياسات البيئية الأخرى

المصدر: استنادا إلى بامبينا (Pembina 2003)

هذا الجدول - بطبيعة الحال - ليس شاملا أو مستوعبا جميع الأمثلة، لكنه يشير إلى:

- أن معظم المعايير هي كذلك معايير تنمية قومية كبرى.

- أن الدول المضيفة ترنو إلى إمكان اكتشاف وتوظيف التعاضدات بين مشروعات آلية التنمية النظيفة والأولويات القومية للتنمية المستدامة.

- أن عددا محدودا نسبيا من معايير التنمية المستدامة يمكنه الاستئثار بتنوع عريض لتأثيرات التنمية المستدامة التي قد تحوزها مشروعات آلية التنمية النظيفة.

وعلى ذلك يمكن لمشروعات آلية التنمية النظيفة المصممة على نحو جيد أن تقدم فرصا جذابة لدعم أولويات التنمية بالدول المضيفة على النحو الذي ينعكس، كمثال، في الخطط العامة للتنمية القومية، وفي الخطط البيئية القطاعية أو المحلية، وفي استراتيجيات التنمية الاجتماعية. وبتضمين المعايير ذات الارتباط من الخطط والاستراتيجيات القائمة في اختيار معايير التنمية المستدامة لمشروعات آلية التنمية النظيفة يتضاءل، فضلا عن ذلك الجهد الإضافي المرتبط بعملية تقييم التنمية المستدامة ويقوى في الوقت ذاته التماسك بين الاعتبارات البيئية واعتبارات التنمية الأوسع. وتكتسب هذه الجوانب أهمية خاصة بالنظر إلى الجدل الذي يثور أحيانا في المساجلات الدائرة بأن تقييم تأثيرات التنمية المستدامة لمشروعات آلية التنمية النظيفة يزيد فقط في تكلفة المعاملات المالية Transaction costs وأن لا يعدو أن يكون نوعا من التعقيد الذي لا يمكن للدول النامية أن تتحمل تبعاته. وبالمضى خطوة إلى الأمام، يجادل البعض كذلك أن التنافسية على الاستثمار قد تسفر عن أولوية

متدنية بشأن تأكيد التأثيرات الأوسع للتنمية المستدامة التي لمشروعات آلية التنمية النظيفة.

وعلى الرغم من ذلك يتعين التشديد على أنه بينما يتضمن تقييم التنمية المستدامة بعض التكاليف فعلا، فإن هذه التكاليف ستكون أقل بالقياس إلى المزايا والمنافع في هيئة مشروعات مصممة على نحو أفضل بتأثيرات أكبر في غايات التنمية الوطنية. والخطوة التالية في عملية التقييم هي تعيين وتحديد المؤشرات التي تعكس المعايير المختارة للتنمية المستدامة. بكلمات أخرى، هنالك احتياج إلى أن نترجم المعايير إلى شيء يمكن مزاولته ليمدنا بمعلومات حول أداء مشروع معين لآلية التنمية النظيفة بالنظر إلى المعايير المختارة، وتعالج قضية المؤشـــرات في ما يلي:

كيف تختار مؤشرات التنمية المستدامة؟

أحد سبل تأسيس رباط بين مشروعات آلية التنمية النظيفة والمعايير القومية للتنمية المستدامة هو من خلال استخدام مؤشرات تقييم المشروع التي تعكس قضايا معينة لمشروع آلية التنمية النظيفة كالتكاليف المالية، وخفض ابتعاثات غازات الدفيئة، مثلها في ذلك مثل المعايير الإنمائية، بما في ذلك الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للمستدامية. لذا يعد تطبيق مؤشرات التنمية المستدامة لتقييم مشروع آلية التنمية النظيفة بمنزلة أداة للتحقق من الكيفية التي يمكن لآلية التنمية النظيفة أن تستخدم بها على صعيد الإمكان الكامن لإبداع التعاضدية مع الأهداف الإنمائية للدولة المضيفة. وتأسيسا على المعايير المختارة للتنمية المستدامة، على نحو ما ذكرت أمثلته أعلاه، يتعين أن تختار مؤشرات التنمية المستدامة بحيث تعكس على نحو متزامن معايير التنمية المستدامة، وتكون في الوقت ذاته سهلة للاستخدام والفهم. وفي ما يلي بضعة تعليقات تفصيلية إضافية على الكيفية التي يمكن أن تختار بها مؤشرات التنمية المستدامة كي يكون باستطاعتها مقابلة هذه الأهداف والوفاء بمتطلباتها.

أولا وقبل كل شيء يجب أن يكون مؤشر التنمية المستدامة أو مجموعة المؤشرات شاملة وقابلة للقياس كي تكون ذات نفع وفائدة لصانع القرار. ويجب أن تفهم الشمولية في علاقتها بنطاق المعايير المختارة للتنمية المستدامة التي تعكس الأبعاد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، بل أكثر من ذلك تتضمن الشمولية أن تؤدي المعرفة بمستوى مجموعة معينة من المؤشرات إلى تمكين صانع القرار من تقييم المدى الذي أمكن لهدف أن يبلغه. وتعني قابلية القياس أن المؤشر يمكن تعريفه وقياسه على نحو غير غامض ولا مبهم، ومن دون استخدام مفرط للجهد والوقت والتكلفة.

وفي حالة مشروعات آلية التنمية النظيفة، سيشمل تقييم التنمية المستدامة مجموعة من المؤشرات، التي يجب أن تنتخب على نحو تكون بمقتضاه:

- **مكتملة Complete**: فمجموعة المؤشرات يتعين أن تكون كافية لتوضيح الدرجة التي يمكن للهدف الكلي للمستدامية أن يدرك نحوه، ويستلزم ذلك أن تنعكس قضايا التنمية

المستدامة في السياق المحلي والعالمي، وأن تستوفى وتصان الأبعاد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية للتنمية المستدامة.

– **عاملة أو مفعلة Operational**: فمجموعة المؤشرات يتعين أن تستخدم على نحو له دلالته ومغزاه في التحليل، ويستلزم ذلك بدوره أن المؤشرات يجب أن توفر تغطية متوازنة للمجال، من حيث هي معرفة تعريفا جيدا وغير مبهم، وأنها يلزم أن تكون مرتبطة بالسياسات، بمعنى أنها:

– تتعلق بالمجالات التي سوف تتأثر بالقرارات السياساتية.

– يمكن أن تفهم وذات ارتباط بالقرارات السياسية.

– يمكن تفسيرها وشرحها.

– **قابلة للتجزيء Decomposable**: إذ يتطلب القرار الرسمي تقديرا كميا لكل من أفضليات صانع القرار للتبعات والعواقب، وكذا أحكامه بشأن الأحداث غير المتيقن منها، وبسبب ما ينطوي عليه ذلك من تعقيد فإنه سيكون غاية في الصعوبة للمشكلات المتعلقة بالقرارات التي تتضمن عددا متواضعا نسبيا من المؤشرات، لذلك يوصي أن تكون مجموعة المؤشرات ذات طبيعة قابلة للتفكيك (تفككية أو انحلالية)، أي أن القرارات يمكن تقسيمها إلى أجزاء مشتملة على عدد أقل من المؤشرات .

– **غير تزايدية Non-redundent**: فالمؤشرات يتعين أن تعرف وتحدد وتصاغ على النحو الذي يتجنب الاحتساب المزدوج للنتائج والعواقب والتبعات.

– **قليلة Minimal**: إذ يتبع ما تقدم أنه من المرغوب فيه الاحتفاظ بمجموعة من المؤشرات القليلة - قدر المستطاع. فعلى سبيل المثال قد يكون بالإمكان دمج المؤشرات لتقليص حدودية وأبعاد مشكلة القرار. وربما يمكن كذلك تقليص التكاليف والوقت والجهد بجعل مجموعة المؤشرات مستندة جزئيا على البيانات المتاحة التي تكون ذات جودة عالية وتحدث بانتظام.

أمثلة لمؤشرات ممكنة للتنمية المستدامة يستعان بتطبيقها لتقييم مشروع آلية التنمية النظيفة

بينما قدم الجزء السابق بعض التوجيه في ما يتعلق بعملية تعريف وتحديد وانتخاب مؤشرات لتقييم تأثيرات التنمية المستدامة لمشروعات آلية التنمية النظيفة، يقدم هذا الجزء نظرة عامة في سياق جدولي للمؤشرات التي قد تستخدم في تقييم الأبعاد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية العامة لمستدامية مشروعات آلية التنمية النظيفة، استنادا إلى معايير التنمية المستدامة المختارة من قبل دول مضيفة لمشروعات آلية التنمية النظيفة (انظر الجدول 2 في ما يلي) وقائمة المؤشرات الواردة بالجدول ليست مستنفدة أو مستفيضة، ويجب النظر إليها فقط بوصفها تستعرض أمثلة من المؤشرات التي قد تقرر العديد من الدول أن تستخدمها.

ولعله من الملائم تقديم بضع ملاحظات حول تطبيق مؤشرات التنمية المستدامة لتقييم مشروعات آلية التنمية النظيفة. **فأولا** يوجد عدد كبير من مؤشرات التنمية المستدامة متاح

في المؤلفات والأدبيات المكتوبة، لذا فمن المقترح أن تستخدم المواد الإحصائية الموجودة وإماميات قياس المؤشرات إلى المدى الممكن، وعلى هذا النهج يمكن - على سبيل المثال - استلهام المؤشرات الاقتصادية للتنمية المستدامة من الإماميات الإحصائية للأمم المتحدة(UN) ، ويمكن للطاقة أن تترسم خطى النماذج الموضوعة بوساطة الوكالة الدولية للطاقة (IEA)، كما يمكن لابتعاثات غازات الدفيئة، واستخلاص الكربون واحتجازه أن يتبعا الدلائل الإرشادية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، فالإماميات الدولية المعرفة على نحو جيد من قبل البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة (UNDP) على سبيل المثال، والبنك الدولي(WB) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) بإمكانها أن تغطى عددا من المؤشرات الاجتماعية، كتوجهات المساواتية، والصحة، والتعليم وبالمثل هنالك إماميات دولية لبيانات التأثيرات البيئية تستخدم في تقييم التأثيرات البيئية.

ثانيا، على نحو ما يتبين من عدد المرجعيات المعطاة أعلاه، أن قائمة مستفيضة من المؤشرات التي تغطي جميع المشروعات المرتبطة، وكل مناحي التنمية المستدامة، ستكون بما لا مناص منه بالغة الطول لأي برنامج يحوزها كمجموعة رئيسية من المؤشرات التي يتعين تقييمها. وتلك كذلك الحال للمؤشرات الواردة بالجدول (2). والمقترح، بناء على ذلك، للدولة المضيفة أن تنتخب مجموعة رئيسية من المؤشرات يتحتم على جميع المشروعات أن توجه إليها، كما تتخير مجموعة ثانوية من المؤشرات التي قد تستخدم بناء على تفاصيل المشروع وتصميمه. ويناظر ذلك الخصائص المرغوبة لمجموعة المؤشرات المذكورة أعلاه من حيث وجوب أن تكون مجموعة المؤشرات شاملة ومكتملة بيد أنها في الوقت ذاته أقلية وتفككية.

وملاحظة ثالثة مؤداها أنه في معظم الحالات سيكون من الضروري لعملية آلية التنمية النظيفة أن تكتنف عددا من المؤشرات النوعية أو مؤشرات الجودة، فضلا عن المؤشرات الكمية، فمؤشرات الجودة مطلوبة لتضمين التأثيرات المهمة التي لا يمكن التعبير عنها في صياغات كمية كالتأثيرات في المؤسسات والشبكات... إلخ الناتجة عن المشروع، وبقدر ما توحي به هذه الأمثلة والجدول رقم (2) يبدو البعد الاجتماعي للمستدامية، على الأخص، على نحو يستلزم عادة مزيجا مركبا من المعلومات النوعية والكمية: ويتطلب استخدام هذه المعلومات المزيجة الموحدة اعتبارا متأنيا في ما يتعلق بالشمولية والتماسك (التوافق) والشفافية في التحديد والعرض، أكثر من ذلك يبدو التزويد بالمعلومات بشأن أبعاد المستدامية الاجتماعية أمرا معقدا من جراء الحالة الفجة أو المبتسرة للبحوث والتطبيقات في هذا المجال، بالمقارنة بالمناحي أو المجالات الأخرى. وفي الممارسة العملية سيكون من الصعب بالتبعية تجميع وتفسير جميع المعلومات المقترحة للسياسات المفردة والتقييمات السياساتية المناظرة. وتهيئ آلية التنمية النظيفة والتنمية المستدامة مناقشات أكثر تفصيلا أو معلومات الجودة والكيفية التي تستخدم بها.

والملاحظة الرابعة والأخيرة هي أنه، كالمعتاد، يجب مقارنة تأثيرات المشروع بحالة أساس قاعدية أو مرجعية، وبالإحالة إلى الجدول أعلاه، يعني ذلك أن نهتم بالتغييرات في إماميات قياس المؤشرات بين حالة الأساس القاعدي (المرجعي) وحالة مشروع آلية التنمية النظيفة.

تطبيق مؤشرات المستدامية على مشروعات آلية التنمية النظيفة - توضيح

Appying Sustainability indicators to CDM Projects - An illustration

بُني مثال الحالة الافتراضية التالية لتوضيح الكيفية التي يمكن بمقتضاها تقييم تأثيرات التنمية المستدامة لمشروع آلية التنمية النظيفة في الممارسة الفعلية... ومشروع آلية التنمية النظيفة المفترض هو محطة بيوجاز ريفية لأغراض الطهي المنزلي، والإنارة، وإنتاج الكهرباء. والمشروع مقترح ليحل محل النشاط القائم بوصفه الأساس القاعدي (المرجعي)، حيث يعتمد الطهي والتسخين على وقود الخشب، بينما يستخدم الكيروسين للإنارة. ويقدم الجدول (3) في ما يلي نظرة عامة لتأثيرات حالة مثال لمشروع آلية التنمية النظيفة مقارنة بنشاط الأساس القاعدي. ولم تبذل أي محاولة للتقدير الكمي للمؤشرات التي تم اختيارها لتقييم تأثيرات التنمية المستدامة للمشروع، وبهذا الاعتبار يعرض الجدول (3) نظرة عامة نوعية لتأثيرات التنمية المستدامة. أكثر من ذلك جرى التركيز على أن المؤشرات الخاصة لتأثيرات التنمية المستدامة لمشروع آلية التنمية النظيفة يجب أن ينظر إليها فقط كأمثلة للمناحي التي ربما تقرر الدول الأخذ بها. ويمثل التقييم النوعي لتأثيرات التنمية المستدامة الموضح في الجدول (3) التكاليف، ونوالية الطاقة الوصول إليها والقدرة على دفع ثمنها، وتوظيف العمالة والبيئة المحلية والعالمية، والتعليم وتوليد الدخل. ويوعز التقييم بأنه في معظم هذه المجالات سيكون لمشروع البيوجاز تأثيرات موجبة بالمقارنة بالأساس القاعدي لاستهلاك كل من وقود الخشب والكيروسين. على أن المشروع قد يتضمن أن يعاني كل من توليد الدخل وتوظيف العمالة المرتبطة باستخدام وقود الخشب واستهلاك الكيروسين انخفاضا في النشاط. لذا فمن الأهمية بمكان أن يؤخذ بعين الاعتبار كيف يمكن لجمهور المتأثرين أن يفيدوا من المنافع العائدة من كونهم في وضع يوحدهم بتأسيس مصنع البيوجاز أو يوحدهم بأنشطة العمل المولدة من جراء المدخل المحسن للطاقة. وهنالك إمكانية أخرى للحصول على منافع أكثر للتنمية المحلية خارج نطاق هذا المشروع لآلية التنمية النظيفة على الخصوص، ألا وهي محاولة تكميل المشروع المعين لآلية التنمية النظيفة بمشروع آلية تنمية نظيفة إضافي يبدع فرصا للتوظف لأولئك الذين يفقدون أعمالهم المرتبطة بالإمداد المتناقص من وقود الخشب والكيروسين. ومن أمثلة مشروعات آلية التنمية النظيفة ذات التأثير الإيجابى للتوظف وفرص العمل مشروعات الغرس والزراعة ومختلف مشروعات الطاقة التي تتضمن أعمال التشييد.

وتوجد معظم مشروعات آلية التنمية النظيفة في قطاع الطاقة تأثيرات جانبية ذات ايجابيات متعددة على مؤشرات التنمية المستدامة كالتي أدرجت في الجدول (3)، كما يتضح مباشرة، قد

تكون هنالك أمثلة لمشروعات ذات تأثيرات سالبة في التوظف والعمالة في الحالات التي يتم فيها إحلال استهلاك الوقود المكثف للعمالة، بينما معظم تأثيرات التنمية المستدامة الأخرى يرجح أن تكون إما ليست ذات وزن يؤخذ في الاعتبار وإما موجبة. وكمثال، هنالك حالات معدودة فقط للتبادلات أو التقايضات بين تقليص ابتعاثات غازات الدفيئة والتحسينات تجاه تلوث الهواء على النطاق المحلي، ومثال هذه التبادلات أو التقايضات يمكن أن يحدث في قطاع النقل إذا حل الديزل محل الجازولين؛ لأن استهلاك الديزل يمكن أن ينتج عنه ابتعاثات أقل من غازات الدفيئة لكل كيلومتر عما ينتجه الجازولين، لكنه يتسبب في ابتعاثات تلوث الهواء المحلي على نحو أكبر.

جدول 3 - مثال توضيحي للتقييم النوعي لتأثيرات التنمية المستدامة المصاحبة لإحلال مصنع بيوجاز محل استهلاك كل من وقود الخشب والكيروسين

	تكاليف المشروع	المدخل للطاقة والقدرة على أداء مقابلها	توظيف العمالة	التأثيرات البيئية	التعليم	توليد الدخل
حالة الأساس القاعدي: وقود الخشب للطهي والكيروسين للإنارة.	تكاليف إحلال الخشب - أدوات الطهي باستخدام وقود الخشب ولمبات الكيروسين.	تكاليف عالية لوقود الخشب والكيروسين.	عمالة مرتبطة بالتزويد بوقود الخشب والكيروسين.	تلوث محلي عالي للهواء مع تدميرات مصاحبة للصحة.	تدبير الطاقة والإمداد بها يستقطع من الوقت المتاح للأنشطة التعليمية. جودة متدنية للإنارة اللازمة للدروس والاستذكار.	لا إمداد بالقوى الكهربية للصناعة المحلية. المستوطنون يمضون وقتا أطول للحصول على الطاقة يلتهم وقت الأنشطة المولدة للدخل.
مشروع آلية التنمية النظيفة: مصنع بيوجاز لإنتاج الكهرباء	التكاليف الرأسمالية لمصنع البيوجاز وأدوات الطهي والإنارة.	تكاليف منخفضة للغاز والكهرباء.	عمالة مرتبطة بمرحلة التشييد ثم التشغيل والصيانة.	تلوث محلي منخفض للهواء مع مزايا صحية مصاحبة.	جودة أفضل للإنارة اللازمة للدراسة والمذاكرة.	الإمداد بالطاقة يدعم تنمية الصناعة المحلية. المستوطنون لديهم وقت أطول للنشاطات المولدة للدخل.
التأثير الصافي لإحلال مشروع آلية التنمية النظيفة محل حالة الأساس القاعدي.	تكاليف أعلى محتملة للمشروع.	تكاليف أقل للإمداد بالطاقة.	عمالة أكبر عند بدء المشروع ولكن عمالة أقل مستديمة.	تلوث منخفض للهواء مع مزايا صحية مصاحبة.	وقت أطول للتعليم وإمكانات إنارة أفضل.	دخل أكبر مولد.

الخطوات الرئيسية لتقييم التنمية المستدامة لمشروعات آلية التنمية النظيفة

Major Steps of an Sustainable Development Evaluation of CDM Projects

يهدف هذا الجزء إلى توضيح كيف يمكن للسلطات الوطنية أن تستخدم تقييم التنمية المستدامة لمشروعات آلية التنمية النظيفة كأداة لتعيين الرباطات الرئيسية بين غايات التنمية الوطنية وآلية التنمية النظيفة بغرض تعزيز ترويج المشروعات وتصميمها بما يبدع تعاضدات

إنمائية محلية. وانطلاقا من الأجزاء السابقة يقترح هذا الجزء تتابعية ذات سبع خطوات لإدارة تقييم التنمية المستدامة لمشروع آلية التنمية النظيفة.

خطوات تقييم المشروع Project Evaluation Steps

يمكن اقتراح الخطوات التالية لتقييم التنمية المستدامة لمشروع آلية التنمية النظيفة:

1 -اختيار الأولويات السياساتية التي تميز السياق الإنمائي الأوسع، وكمثال على النحو الذي ينعكس في الخطط القومية والاستراتيجيات القطاعية. ويمكن اقتراح الأولويات السياساتية أو تقييمها في جلسات نقاشية للأطراف المعنية و/أو تنسب إلى القرارات السياسية أو الخطط الرسمية التي يجري تطويرها في سياقات سياساتية أخرى.

2 - اختيار المجالات السياساتية الكبرى للتنمية المستدامة التي تتعين معالجتها في تقييم مشروع آلية التنمية النظيفة مع أخذ نقطة البداية في نطاق متسع من محاور السياسة القومية للتنمية. وهذه سوف تتضمن الأبعاد السياساتية الاقتصادية والاجتماعية والإنسانية والبيئية.

3 - فحص مبدئى لمجالات مشروعات آلية التنمية النظيفة ذات الارتباط التي يتعين تضمينها في تقييم وشائج ورباطات السياسات الإنمائية.

4 - يشتمل المخطط العام لإجراءات تقييم التنمية المستدامة لمشروعات آلية التنمية النظيفة على:

- انتقاء أو تحديد مؤشرات التنمية المستدامة.
- تصميم مقاربة ملائمة (أو مدخل مناسب) لتقييم المؤشرات.
- تعريف ووصف فورمات وضع التقارير لتأثيرات التنمية المستدامة لمشروع آلية التنمية النظيفة باتباع معايير للتعبير عن المعلومات الاقتصادية والاجتماعية والإنسانية والبيئية بمشارطات كمية و/أو كيفية (نوعية).

5 - تقييم مفصل لتأثيرات مشروع آلية التنمية النظيفة في سياسات التنمية المستدامة بوصفها جزءا من تنمية المشروع، وقد يتضمن ذلك إعادة تصميم المشروعات لكى تضم الأولويات السياساتية للتنمية المستدامة.

6 - صنع قرار أوسع بشأن انتقاء مشروع آلية التنمية النظيفة في سياق المشاركة الوطنية للتنمية المستدامة، أي مدخلات التنمية المستدامة على الصعيد الوطنى، كجزء من الأنشطة الأكثر عمومية لتنمية محافظ مشروعات آلية التنمية النظيفة. ويشتمل ذلك على التأسيس الابتدائي للحوار بين الحكومة، والشركاء الوطنيين، ومطوري المشروعات.

7 - تقييم عريض للكيفية التي أنجز بها المشروع المنفذ لآلية التنمية النظيفة في علاقته بالمعايير المحددة مسبقا للتنمية المستدامة كتتمة لخطوات الرصد والمراقبة، والتحقق، والإقرار باستحقاق الشهادة.

الخلاصة

تقدم مشروعات التنمية النظيفة فرصا لإبداع التعاضدات أو التشاركيات بين سياسات التغير المناخي وسياسات التنمية المستدامة التي تحيط بالأولويات الكبرى للتنمية الوطنية. وهذه الغايات السياساتية المركبة ربما يمكن دعمها خلال عملية يتم بمقتضاها فحص أو غربلة المشروعات الممكنة لآلية التنمة النظيفة بموجب معايير مختارة للتنمية المستدامة تعبر عن الجوانب والمناحي الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي تجدها الدول المضيفة ذات أهمية. فالدول المضيفة بمقدورها أن تختار من بين قائمة طويلة للمؤشرات الممكنة أو المحتملة، بما فيها نقل رؤوس الأموال والتكنولوجيا، وتوليد الدخل، وإيجاد فرص التوظف والعمل، والتأثيرات البيئية المحلية، والصحة، والتنمية الاجتماعية، والمساواتية. ولقد يكون من المفيد أن يكامل تقييم التنمية المستدامة داخل الأنشطة الأكثر عمومية لتخطيط التنمية الوطنية، وكمثال من خلال تنظيم ورش عمل لعموم الأطراف المعنيين أو المنخرطين أو ذوي العلاقة، وتقييم الرباطات والوشائج الفعلية بالخطط الإنمائية، والفحص أو الغربلة الحصيفة لمشروعات آلية التنمية النظيفة بالقياس إلى قدرتها على دعم التنمية المستدامة.

دورة مشروع آلية التنمية النظيفة

The CDM Project Cycle

تشرح الأجزاء التالية الخطوات السبع لدورة مشروع آلية التنمية النظيفة المبينة في الشكل (1) المقتبس من «المدخل إلى آلية التنمية النظيفة»، إذ يقدم هذا الكتيب التمهيدي خلفية عامة ونظرة شاملة لآلية التنمية النظيفة، كما يصف القيمة الوطنية لآلية التنمية النظيفة ومزاياها، ويبين أهمية الاستراتيجية القومية لآلية التنمية النظيفة.

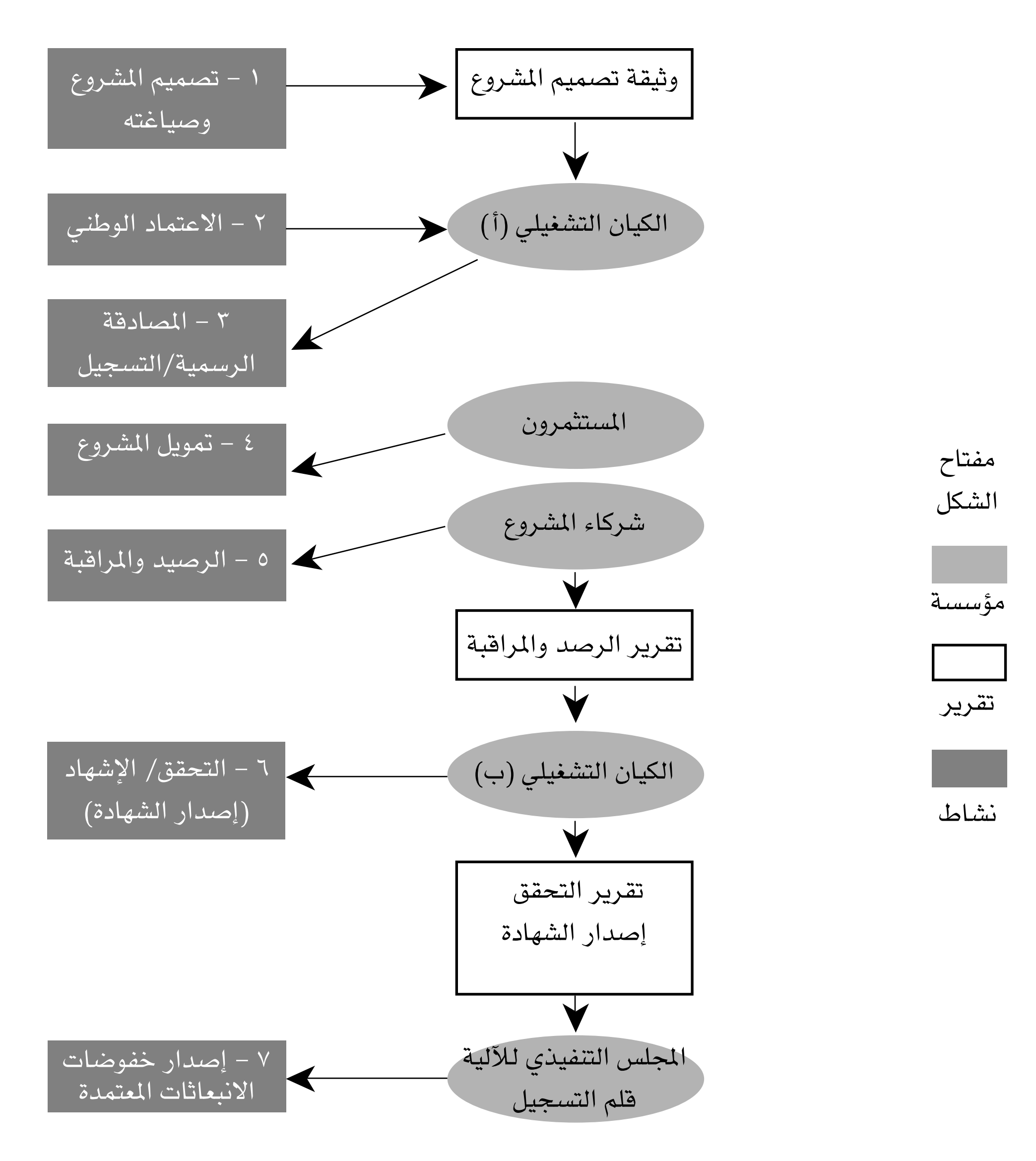
والجزء المعني بتصميم المشروع وصياغته يوجه القارئ خلال المحتوى المطلوب في وثيقة تصميم المشروع Project Design Document (PDD) التي يتعين أن تستوفي لكل مشروع آلية التنمية النظيفة. وهو يصف كذلك العملية في ما يختص بمشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير Small-scale CDM projects، وهذا الجزء ينبثق عنه جزء فرعي لكل بند من البنود المطلوبة في وثيقة «تصميم المشروع»، وكل جزء فرعي يشرح كل خطوة من خطوات دورة مشروع آلية التنمية النظيفة. وبالإضافة إلى الخطوات السبع (الأنشطة) في دورة مشروع آلية التنمية النظيفة، يوضح الشكل (1) المؤسسات المنخرطة في العملية، والتقارير التي يتعين إعدادها. أما المشاركون في المشروع فهم أطراف لبروتوكول كيوتو أو هيئات خاصة و/أو عامة مخولة بصلاحيات من قبل أحد الأطراف لتشارك في مشروعات آلية التنمية النظيفة تحت مسؤولية هذا الطرف.

وبعض الأنشطة في دورة مشروع آلية التنمية النظيفة هي ذاتها تلك التي لأي مشروع استثماري آخر، بيد أن ما تنفرد به آلية التنمية النظيفة هو الخطوات المؤدية إلى إنتاج (أو توليد اعتمادات الابتعاثات emission credits) كوضع الأساس القاعدى أو المرجعي baseline setting والمصادقة الرسمية (أو الإثبات الشرعى) validation والتسجيل registration والرصد والمراقبة monitoring والتحقق أو الإشهاد (إصدار الشهادة) verification/certification لخفض الابتعاثات.

تصميم المشروع وصياغته Project design and Formulation

يحدد المرفق الأول لبروتوكول كيوتو ستة غازات مستهدفة وقطاعات/ فئات المصادر التي يمكن أن تتم فيها أنشطة خفض الابتعاثات. وبإمكان آلية التنمية النظيفة أن تشتمل على مشروعات في القطاعات الآتية:

- تحسينات كفاءة الطاقة في جانب الاستخدام النهائي.
- تحسينات كفاءة الطاقة في جانب الإمداد.
- الطاقة المتجددة.
- التحول في استخدام الوقود.
- الزراعة.
- العمليات الصناعية.
- استخدام المذيبات والمنتجات الأخرى.
- إدارة المخلفات.
- المماص، فقط في مجالي التحريج (زراعة الغابات) وإعادة التحريج.



الشكل(1): دورة المشروع لآلية التنمية المستدامة (3)

يتحتم أن تسفر مشروعات آلية التنمية النظيفة عن منافع للتغير المناخي تكون حقيقية وقابلة للقياس، ويلزم أن تكون كذلك مضافة لأي منافع قد تتحقق في غياب أنشطة المشروع (أي في ما لو لم ينفذ مشروع الآلية). ولتأسيس المضافية additionality يجب مقارنة الابتعاثات بالابتعاثات الصادرة عن حالة مرجعية ملائمة يتعين بوصفها الأساس القاعدي baseline، وهذا الأساس القاعدي سوف يؤسس بوساطة شركاء المشروع project participants على أساس «مشروع محدد» بالإذعان والامتثال للمنهجيات المعتمدة للأساس القاعدى التي تطور استنادا إلى ثلاثة مداخل تكفلت بتحديدها اتفاقات مراكش Marrakech Accords:

- ابتعاثات قائمة فعلية أو تاريخية.
- ابتعاثات من تكنولوجيا تعبر عن استثمارات جذابة اقتصاديا.
- متوسط ابتعاثات صادرة عن أنشطة مشروع مشابه تم تنفيذه خلال السنوات الخمس السابقة تحت ظروف مشابهة، ويأتي أداؤه ضمن أعلى 20 في المائة من نوعه.

ويلزم كذلك أن تكون لمشروعات آلية التنمية النظيفة خطة للرصد والمراقبة لتجميع بيانات دقيقة للابتعاثات. وخطة الرصد والمراقبة هذه، التي تنظم الأساس اللازم للتحقق المستقبلي، يتعين أن تعزز الثقة بأن خفض الابتعاثات ومستهدفات المشروع الأخرى يتم إنجازها، كما يجب أن تكون قادرة على أن ترصد وتراقب المخاطر اللصيقة بابتعاثات الأساس القاعدي والمشروع ذاته. وخطة الرصد والمراقبة يمكن أن تؤسس إما بوساطة مطور المشروع project developer، وإما بوساطة وكيل متخصص. ويتعين أن يستنبط (أو يبتكر) كل من الأساس القاعدي وخطة الرصد والمراقبة وفقا للمنهجيات المعتمدة، فإذا ما عرض شركاء المشروع منهجية جديدة يلزم أن يصادق عليها وتسجل بوساطة المجلس التنفيذي للآلية CDM Executive Board غير أنه يمكن أن تستخدم منهجيات مبسطة، للأساس القاعدي وخطط الرصد والمراقبة للمشروعات ذات النطاق الصغير لآلية التنمية النظيفة.

ويشكل تصميم المشروع وصياغته الخطوة الأولى في دورة مشروع آلية التنمية النظيفة (انظر الشكل 1) التي سيكون لها تأثير بالغ في جميع الخطوات التالية، ولذا فالتصميم الحاذق والصياغة الدقيقة للمشروع كفيلان بمنح فرصة أكبر للنجاح النهائي لمجمل المشروع)، وقد طورت بعض المبادرات كالصندوق الريادي للكربون Prototype Carbon Fund (PCF) وبرنامج «سيرابت» (CERUPT) عدة نماذج مختصر فكرة المشروع Project Information Note (PIN)؛ أو مختصر التصور concept note كخطوة مبدئية نحو وثيقة تصميم المشروع.

وحتى يمكنهم إدراك مشروع آلية التنمية النظيفة مصادقا عليه ومسجلا بوساطة المجلس التنفيذي للآلية Executive Board (EB) يتعين على شركاء المشروع أن يعدوا وثيقة تصميم المشروع؛ مقتفين في ذلك أثر المخطط التفصيلي الموجود بموقع آلية التنمية النظيفة التابع لسكرتارية الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ على الشبكة الدولية للمعلومات.

ويوضح الجدول (2) المخطط الحالي لوثيقة تصميم المشروع. وتشتمل وثيقة تصميم المشروع لمشروعات آلية التنمية النظيفة ذات النطاق الصغير على الفصول ذاتها تماما باستثناء ثلاثة ملاحق، على أن هنالك بعض الاختلافات في المتن بين كل من وثيقتي تصميم المشروع من واقع المتطلبات الأبسط لأنشطة مشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير.

ويشتمل الجزء التالي على شرح أكثر تفصيلا لكل بند من بنود وثيقة تصميم المشروع.

الصلاحية للانتقاء Eligibility

جميع المشروعات التي تحقق المضافية ومعايير التنمية المستدامة مقبولة تحت آلية التنمية النظيفة. وليست هنالك قائمة إيجابية موضوعة بأنماط المشروعات للمشروع القياسي لآلية التنمية النظيفة الذي تتحقق فيه جميع القواعد، غير أن التحديدات وضعت على المشروعات التالية:

- **التشجير أو الحراجة Forestry**: التشجير أو التحريج هو التحويل المباشر المستحث بشريا للأرض التي لم يسبق أن حرجت (زرعت كغابة) لمدة 50 عاما على الأقل إلى أرض غابية (مزروعة كأحراش وغابات) من خلال الغرس/ بذر البذور. مشروعات الترسيب أو المماص (sink) المجازة تنحصر فقط في التشجير (التحريج) afforestation وإعادة التشجير reforestation.

وتستطيع دول المرفق الأول أن تضيف فقط خفوضات الابتعاثات المعتمدة CERs المولدة من مشروعات المماص إلى كمياتها المحصصة (المتعينة) assigned amounts بمقتضى البروتوكول حتى 1 في المائة من ابتعاثاتها المرجعية لفترة الالتزام الأولى. وسوف تُطوَّر خطوط إرشادية أخرى لمماص الكربون لتأكيد صحتها ورشادها البيئي. وفي مؤتمر الأطراف التاسع أُقر ملحق للطرائق والإجراءات الخاصة بآلية التنمية النظيفة عن كيفية معالجة أنشطة مشروعات التحريج وإعادة التحريج.

- **الطاقة النووية Nuclear Energy**: يلزم على دول المرفق الأول أن تمتنع عن استخدام خفوضات الابتعاثات المعتمدة المولدة خلال الطاقة النووية لمقابلة مستهدفاتها الخاصة. والأرجح أن تصبح المشروعات الكبرى جذابة أكثر من مشروعات النطاق الصغير لقدرتها على توليد كميات ضخمة من خفوضات الابتعاثات المعتمدة بتكاليف أقل للمعاملات المالية لوحدة الابتعاثات المعتمدة. وتيسيرا لتنمية مشروعات النطاق الصغير طُورت طرائق وإجراءات مبسطة لتقليص تكاليف المعاملات المالية. ولقد قرر المجلس التنفيذى للآلية أن مشروع الآلية يمكنه أن يجمع أكثر من بلد واحد مضيف، وذلك قد يلائم أو يكون مواتيا لخطوط نقل الكهرباء العابرة للحدود بين الدول أو المشروعات المائية على الأنهار الجارية على طول الحدود أو إلى جوارها.

المضافية Additionality

يرجى أن تسفر أنشطة المشروع عن إحراز خفض لابتعاثات غازات الدفيئة، يكون مضافا إلى أي خفض يمكن بلوغه في غياب الأنشطة المعتمدة للمشروع، أي الخفض الذي ينبغى ألا يكون متضمنا في الأساس القاعدي. ويلزم التدليل على المضافية باتباع جزء المضافية في المنهجيات المعتمدة من قبل المجلس التنفيذي للآلية. ففي اجتماعه العاشر أورد المجلس التنفيذي للآلية بعض الأمثلة لكيفية إظهار المضافية لمشروع الآلية:

الجدول (2): المحتوى المطلوب لوثيقة تصميم المشروع [1]

الف (A)	شرح عام لأنشطة المشروع
باء (B)	منهجية الأساس القاعدي
جيم (C)	المدى الزمني لأنشطة المشروع/ فترة الاعتماد
دال (D)	منهجية وخطة الرصد والمراقبة
هاء (E)	حساب ابتعاثات غازات الدفيئة بمصادرها (مصدرا مصدرا)
واو (F)	التأثيرات البيئية
زاي (G)	تعليقات وملاحظات الأطراف المعنية
ملحق 1	معلومات الاتصال بشركاء المشروع
ملحق 2	معلومات تختص بالتمويل العام
ملحق 3	منهجية أساس قاعدي جديدة
ملحق 4	منهجية رصد ومراقبة جديدة
ملحق 5	جدول البيانات الأساسية

ملحوظة: الملاحق من 3 إلى 5 ليست ضرورية لمشروعات التنمية النظيفة على النطاق الصغير، والملحقان 3 و4 من المتوقع اختفاؤهما من وثيقة تصميم المشروع وانفصالهما في نموذجين مستقلين قائمين بذاتهما.

أ - بيان تدفقات أو سلسلة من التساؤلات تقود إلى تطبيق الخيارات المحتملة أو الكامنة للأساس القاعدي.

ب - تقييم كيفي أو كمي للخيارات المختلفة، المحتملة أو الكامنة، وبيان لماذا يكون خيار عدم تنفيذ المشروع مرجحا بالأكثر.

ج - تقييم كيفي أو كمي لواحد أو أكثر من المعوقات أو العقبات التي تعترض أنشطة المشروع المقترح كالإنفاق لأجل مشروعات آلية التنمية النظيفة ذات النطاق الصغير.

د - دلالة أن نمط المشروع ليس بالممارسة الشائعة (أي يحدث - كمثال - بأقل من الحالات المماثلة أو الشبيهة) في المجال المقترح للتنفيذ، وليس مطلوبا من قبل تشريعات/ تنظيمات الطرف المعني.

فئات مشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير

وفقا لطرائق وإجراءات آلية التنمية النظيفة، توجد ثلاثة أنماط ممكنة لمشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير، وهنالك حجم أقصى للأنشطة التي تقلص الابتعاثات للنمطين الأولين منها، بينما يختص النمط الثالث بحد أقصى على الابتعاثات الإجمالية من

المشروع في نهاية أنشطة المشروع، وهذه الأنماط الثلاثة لمشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير هي:

1 - أنشطة مشروعات الطاقة المتجددة بقدرة خرج أقصى مكافئ لما يبلغ حتى 15ميجا واط أو مكافئا ملائما.

2 - أنشطة مشروعات تحسين كفاءة الطاقة التي تقلل استهلاك الطاقة، في جانب الإمداد و/أو جانب الطلب، بما يكافئ ما يبلغ حتى 15 جيجاواط ساعة في السنة.

3 - أنشطة المشروعات الأخرى التي تؤدي إلى تقليص الابتعاثات الأنثروبوجنية (بشرية المنشأ) وفق مصادرها وتبعث مباشرة على ما يقل عن 15 ألف طن (كيلو طن) من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنويا.

وقد فسرت هذه الأنماط الثلاثة للمشروعات بوساطة المجلس التنفيذي للآلية بأنها مانعة للتبادلية (أو تحول دون التبادل) mutually exclusive، وكمثال: عندما لا يؤهل مشروع توربينات

الجدول (3): قائمة المجلس التنفيذي الحالية وأنشطة مشروعات آليات التنمية النظيفة.
على النطاق الصغير http://cdm.unfcc.int/methodologies

أنماط المشروعات	فئات أنشطة مشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير
النمط الأول (1) مشروعات الطاقة المتجددة	توليد الكهرباء بوساطة مستخدميها الطاقة الميكانيكية للمستخدم الطاقة الحرارية للمستخدم توليد الكهرباء المتجددة للشبكة الكهربائية
النمط الثاني (2) مشروعات تحسين كفاءة الطاقة	(أ) تحسينات كفاءة الطاقة في جانب الإمداد - النقل والتوزيع (ب) تحسينات كفاءة الطاقة في جانب الإمداد - توليد (ج) برامج كفاءة الطاقة في جانب الطلب لتكنولوجيات معينة (د) إجراءات كفاءة الطاقة والتحول في استخدام الوقود للمنشآت الصناعية (هـ) إجراءات كفاءة الطاقة والتحول في استخدام الوقود للمباني
النمط الثالث (3)	(أ) الزراعة (ب) التحول عن استخدام الوقود الأحفوري (ج) خفوضات الابتعاثات بوساطة المركبات منخفضة ابتعاثات غازات الدفيئة (د) استعادة الميثان (هـ) تجنب أو إبطال الميثان
الانماط 1 - 3	مشروعات أخرى على النطاق الصغير

رياح ذات قدرة إجمالية 60 ميجاواط للنمط الأول، فلا يمكن أن يؤهل للنمط الثالث أيضا، حتى رغم كونه يبعث بأقل من 15 كيلو طنا من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. أيضا قرر المجلس التنفيذي للآلية أن المواد ليست لائقة أو مؤهلة لمشروع النمط peat (النباتية المتحجرة التي تستعمل وقودا) فحم المستنقعات الأول، حيث إنها لا تعتبر متجددة. ويعطي الجدول (3) قائمة بمشروعات آلية التنمية النظيفة ذات الأهلية على النطاق الصغير، موضحا أن مشروعات المماص ليست لائقة أو مؤهلة لآلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير.

ويلاحظ أن الصف الأخير في الجدول (3) يشير إلى أن مطوري مشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير يمكنهم أن يقترحوا فئات إضافية لمشروعات النطاق الصغير، وعلى خلاف المقترح المقدم لمشروعات النطاق التام لآلية التنمية النظيفة، يجب أن يرفع مقترح الفئة الجديدة لأنشطة المشروع مباشرة إلى المجلس التنفيذي للآلية من دون المرور خلال كيان تشغيلى مختار أو معين.

وإذا انتمى المشروع الجديد إلى غير الفئات القائمة لمشروعات النطاق الصغير، يتعين على مطور المشروع أن يقترح على المجلس التنفيذي للآلية فئة جديدة قبل تقديمه وثيقة تصميم المشروع. ويلزم أن يتضمن المقترح وصفا للكيفية التي يمكن على نحوها لمنهجية مبسطة للأساس القاعدي والرصد والمراقبة أن تطبق على الفئة الجديدة. وبمجرد أن يقبل المجلس التنفيذي للآلية فئة جديدة مقترحة فإنه سيعدل الجدول (3)، في طرائق وإجراءات النطاق الصغير ليشتمل على الفئة الجديدة للمجلس التنفيذي للنظر فيها وجعلها محل اعتبار.

ولقد أوردنا في الملحق الثالث من هذا البحث جدولا يبين الأنشطة الممكنة أو المحتملة للمشروعات القياسية (المعتادة) لآلية التنمية النظيفة، وذلك باستطالة الجدول (5) عن طريق إضافة صفوف أخرى إليه تظهر فئات المشروعات اللائقة (المؤهلة) للمشروعات القياسية لآلية التنمية النظيفة، مثل العمليات الصناعية، والنقل، واستخدام الأرض، والتغير في استخدام الأرض والحراجة. وقد اتسع الجدول كذلك بإضافة عمود آخر يبين أنشطة مشروعاتية إيضاحية (دليلية) لكل فئة من فئات الأنشطة، مشارطة أخرى عامة لمشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير، ترتبط بضم عناصر متجددة وغير متجددة داخل تخوم مشروع واحد، فإذا ما أضاف المشروع وحدة مركبة تكتنف كلا من العناصر المتجددة وغير المتجددة تنطبق عندئذ حدودية الأهلية التي تنص على خرج أقصى مكافئ لما يبلغ حتى 1 ميجاواط (أو مكافئ ملائم) على العناصر المتجددة فقط.

ولقد أوردنا في الملحق الثالث من هذا البحث جدولا يبين الأنشطة الممكنة أو المحتملة للمشروعات القياسية (المعتادة) لآلية التنمية النظيفة، وذلك باستطالة الجدول[5] عن طريق إضافة صفوف أخرى إليه تظهر فئات المشروعات اللائقة (المؤهلة) للمشروعات القياسية لآلية

التنمية النظيفة كالعمليات الصناعية، والنقل، واستخدام الأرض، والتغير في استخدام الأرض والحراجة، وقد اتسع الجدول كذلك بإضافة عمود آخر يبين أنشطة مشروعاتية إيضاحية (دليلية) لكل فئة من فئات الأنشطة.

مشارطة أخرى عامة لمشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير ترتبط بضم عناصر متجددة وغير متجددة داخل تخوم مشروع واحد، فإذا ما أضاف المشروع وحدة مركبة تكتنف كلا من العناصر المتجددة وغير المتجددة تنطبق عندئذ حدودية الأهلية التي تنص على خرج أقصى مكافئ لما يبلغ حتى 15 ميجاواط (أو مكافئ ملائم) على العناصر المتجددة فقط.

التحزيم والتفكيك Bundling & Debundling

من شأن التحزيم أن يقلل من تكلفة المعاملات المالية، لأن عددا كبيرا من المشروعات ذات النطاق الصغير يمكن ضمها (تجميعها) في وثيقة واحدة لتصميم المشروع. ويمكن تجميع المشروعات مادام حجمها الإجمالي لايزال في حدود المشروع المفرد على نحو ما صنفت أعلاه في قائمة الأنماط الثلاثة للمشروعات ذات النطاق الصغير.

وتفكيك مشروع كبير لآلية التنمية النظيفة إلى أجزاء متتابعة، ذات نطاق صغير، لا يكون لائقا لمشروع آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير إذا كان الإجمالي (المجموع) أكبر من حدودية التأهيل للمشروع ذي النطاق الصغير، وقد توسع المجلس التنفيذي للآلية بوضع إجراء إضافي كملحق للطرائق والإجراءات الموضوعة لآلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير، التي يجب أن تطبق على المشروع ذي النطاق الصغير لتقييم ما إذا كان جزءا متفككا عن مشروع كبير، ويعرف هذا الإجراء على النحو التالي:

يحتسب نشاط المشروع المقترح على النطاق الصغير عنصرا متفككا عن نشاط مشروع كبير إذا كان هنالك نشاط مشروع مسجل لآلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير، أو كان هنالك طلب مقدم لتسجيل نشاط لمشروع آخر لآلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير:

- من شركاء المشروع أنفسهم.
- فى فئة المشروع ذاتها والتكنولوجيا/ الإجراء ذاته.
- مسجلا خلال السنتين السابقتين.
- تقع تخومه عند أقرب نقطة في مدى كيلو متر واحد من تخوم المشروع ذي النشاط المقترح على النطاق الصغير.

مشروعات الترسيب (المماص) Sink Projects

لم تشتمل الطرائق والإجراءات العامة general Modalities and Procedures (M&P) لآلية التنمية النظيفة على مشروعات المماص (مشروعات التحريج وإعادة التحريج، لذا طلب مؤتمر

الأطراف السابع من الهيئة الفرعية للمشورة العلمية والتكنولوجيا (SBSTA) التي تعقد اجتماعها مرتين سنويا أن تطور طرائق وإجراءات خاصة بأنشطة مشروعات التشجير (التحريج) وإعادة التشجير تحت آلية التنمية النظيفة في فترة الالتزام الأولى (2008 – 2012)، التي تم تبنيها، كملحق للطرائق والإجراءات القائمة، في مؤتمر الأطراف التاسع الذي عقد في ديسمبر 2003 في مدينة ميلانو بإيطاليا. ورغما عن ذلك تكفلت الطرائق والإجراءات العامة لآلية التنمية النظيفة بتقديم بعض الإرشاد والتوجيه لمشروعات المماص:

مشروعات التحريج وإعادة التحريج فقط هي اللائقة أو المؤهلة، وأقصى استخدام لخفوضات الابتعاثات المعتمدة المولدة من مشروعات التحريج وإعادة التحريج يتعين أن يكون أقل من 1 في المائة من ابتعاثات عام 1990 لطرف من الأطراف. أما مشروعات المماص الأخرى كإعادة تنمية النباتات (الكساء الأخضر) وإدارة الغابات وإدارة الأراضي المزروعة بالمحاصيل، وإدارة أراضي المراعي المزروعة بالعشب فهي غير مجازة وغير مسموح بها تحت آلية التنمية النظيفة، لكن فقط كمشروعات تنفذ تشاركيا في دول المرفق الأول.

أما جهود تجنب انتزاع الحراجة، أي تفادي نزع الغابات واقتلاعها، فهي مجازة لمشروعات آلية التنمية النظيفة المعتادة ذات النطاق الصغير، كمثال: حيثما يمكن إثبات أن استخدام المواقد الكفء المشغلة بالخشب يقلل من نزع الحراجة، وتُعرَّف مشارطات التحريج وإعادة التحريج على النحو التالي:

أ – التشجير أو التحريج: هو التحويل المباشر المستحث بشريا للأرض التي لم يسبق أن حرجت (زرعت كغابة) لمدة 50 عاما على الأقل إلى أرض غابية (مزروعة كأحراش وغابات) من خلال الغرس/ بذر البذور.

ب – إعادة التحريج محدد في فترة الالتزام الأولى (2008 - 2012) بالأراضي التي لم تشتمل على أحراج (غابات) في 31 ديسمبر 1989، وهنالك بعض التحديدات في تعريف الحرجة (الغابة)، فالسلطة في الدولة المضيفة لآلية التنمية النظيفة (DNA) ينبغى أن تبادر إلى عمل تقييم. وتعد الوطنية المعنية تقريرا بتقدير القيمة، في كل من الفئات الثلاث التالية، التي سوف تستخدم لجميع المشروعات في الدولة خلال فترة الالتزام الأولى:

– غطاء شجري بحد أدنى 10 - 30 في المائة.
– مساحة حرجية (غابية) بحد أدنى 0.05 إلى 1.00 هكتار.
– ارتفاع شجري بحد أدنى (2 – 5 أمتار).

ووفقا للطرائق والإجراءات الموضوعة لمشروعات آلية التنمية النظيفة في نطاق استخدام الأرض فإن المشروع ذا النطاق الصغير لآلية التنمية LULUCF والتغير في استخدام الأرض والحراجة النظيفة في استخدام الأرض والتغير في استخدام الأرض والحراجة ستجاز أيضا.

فلقد طورت طرائق وإجراءات مستقلة للمشروعات القياسية (المعتادة) لآلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير.

ولسوف تطور كذلك طرائق وإجراءات خاصة مماثلة لمشروعات آلية التنمية النظيفة ذات النطاق الصغير في مجالات استخدام الأرض والتغير في استخدام الأرض والحراجة، وهي من المتعين في يونيو 2004، ويتم تبنيها (SB 20) الانتهاء منها في دور الانعقاد العشرين للهيئات الفرعية في مؤتمر الأطراف العاشر استنادا إلى الطروحات التي ترفع إليه من الأطراف، التي تكون قد هيئت قبل 28فبراير 2004، وتشتمل الطرائق والإجراءات الخاصة باستخدام الأرض والتغير في استخدام الأرض والحراجة فقط على القواعد التالية لمشروعات آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير:

- إزالة غازات دفيئة بأقل من 8 كيلو طن من ثاني أكسيد الكربون/ سنة.
- يلزم أن تطور المشروعات بوساطة المجتمعات والأفراد خفيضي الدخل على النحو الذي يتحدد عن طريق الدولة المضيفة.

وتشتمل الطرائق والإجراءات كذلك على القواعد المهمة التالية:

حيث تتجمع المنافع من مشروعات المماص على مدى فترات زمنية أطول من المنافع التي تنشأ عنها ستكون أطول من crediting period المشروعات الأخرى لآلية التنمية النظيفة فإن فترة الاعتماد نظيرتها للمشروعات القياسية لآلية التنمية النظيفة، وتبدأ فترة الاعتماد عند بدء أنشطة مشروع التحريج أو إعادة التحريج، وعلى مثال المشروعات المعتادة لآلية التنمية النظيفة تماما، يوجد خياران اثنان لفترة الاعتماد:

- حد أقصى 20 عاما يمكن تجديدها لمرتين تاليتين شريطة أن يؤكد الكيان التشغيلي أن الأساس القاعدي لايزال ثابتا وصحيحا، أو قد تم تحديثه على نحو ملائم، (DOE) المعين مأخوذ في اعتبار البيانات المستجدة.
- حد أقصى 30 عاما على أن كل الكربون المخزون يجب أن يحتسب، وفي هذا الصدد فإن مجمعات الكربون التالية قد تعينت:
- الكتلة الأحيائية فوق سطح الأرض والأخشاب الميتة.
- القش والسبلة والنثار.
- الكتلة الأحيائية تحت سطح الأرض.
- الكربون العضوي في التربة.

ويمكن أن يستبعد مجمع الكربون من احتساب الابتعاثات بالمشروع إذا لم يتسبب في زيادة صافي الإزالة لغازات الدفيئة، أما الإجراءات لوضع منهجيات الأساس القاعدي والرصد والمراقبة فهي ذاتها التي للمشروعات القياسية المعتادة ذات النطاق الكلي لآلية التنمية

النظيفة، فليست هنالك منهجية في البداية، والمنهجيات سيصادق عليها بوساطة المجلس التنفيذي حالما يرفعها شركاء المشروع إليه لاعتمادها، ويلزم أن يؤسس شركاء المشروع هذه المنهجيات الجديدة على واحد من المداخل الثلاثة التالية:

1 - تغيرات قائمة أو تاريخية في المخزونات الكربونية بمجمعات الكربون داخل تخوم المشروع.

2 - تغيرات في المخزونات الكربونية بمجمعات الكربون داخل تخوم المشروع من استخدام الأرض الذي يقدم مسارا للفعل ذا جاذبية اقتصادية، آخذة في الاعتبار المعوقات الاستثمارية.

3 - تغيرات في المخزونات الكربونية داخل تخوم المشروع من الاستخدام الأرضي الأكثر ترجيحا في وقت بدء المشروع.

وسوف تتضمن وثائق تصميم المشروع لمشروعات آلية التنمية النظيفة في نطاق استخدام الأرض والتغير في استخدام الأرض والحراجة ذات المعلومات كما في الوثائق القياسية لتصميم المشروع:

- وصف عام لأنشطة المشروع.
- منهجية الأساس القاعدي (بما فيها المضافية).
- اختيار فترة الاعتماد.
- منهجية الرصد والمراقبة.
- احتساب ابتعاثات غازات الدفيئة.
- التأثيرات البيئية.
- تعليقات وملاحظات الأطراف المعنيين.

ومع ذلك، ستكون هنالك متطلبات إضافية:

- يلزم أن يتضمن وصف المشروع المواقع المضبوطة (الدقيقة) للمشروعات، وقائمة بمجمعات الكربون المختارة، والظروف البيئية القائمة، والعنوان أو المسمى القانوني للأرض، وحقوق أو مسوغات الملكية الحالية للأرض، وحق الاقتراب والدخول للموقع.

- يلزم أن يكون هنالك دائما تحل لا مبدئيا للتأثير البيئي والاقتصادي الاجتماعي، فإذا ما اعتبرت التأثيرات السالبة جسيمة من قبل شركاء المشروع أو الطرف المضيف، فإن تقييما للتأثيرات البيئية/ الاقتصادية الاجتماعية يتحتم أن يجرى.

- يلزم على الكيان التشغيلي المعين للإثبات الشرعي لمشروع آلية التنمية النظيفة والمصادقة الرسمية عليه أن يجعل وثيقة تصميم المشروع متاحة لتعليقات وملاحظات الجمهور خلال فترة 45 يوما (30 يوما للمشروعات المعتادة) أي غير مشروعات المماص لآلية التنمية النظيفة.

- نظرا إلى أن أنشطة إدارة المشروع، بما في ذلك دورات الحصاد أو جنى المحاصيل، تعني أن الكربون المخزون يمكن أن يتغير عبر الوقت، يتعين أن يختار وقت التحقق (تأكيد صحة

المنهجيات والحسابات) على النحو الذي يتفادى التطابق (أو التزامن) النمطي لعملية التحقق مع الذروات التي تحدث للكربون المخزون.

وفي سياق الطروحات المرفوعة بوساطة الأطراف وورش العمل التي نوقش فيها تطوير وتنمية طرائق وإجراءات استخدام الأرض والتغير في استخدام الأرض والحراجة، صيغت العديد من المقترحات لمعالجة قضية عدم الاستمرارية، حيث إن مخاطر انعدام ثبات الكربون المختزن هي سمة لصيقة بالمماص - مخالفة ومباينة لسمة الثبوتية المرتبطة بخفوضات الابتعاثات في قطاع الطاقة. فالكربون في مماص الأحراج عرضة للانعطاب بالاضطرابات الطبيعية كما في انتشار الآفات، وتفشي الأوبئة، والحرائق سريعة الانتشار، والأمراض، والمماراسات الزراعية، وإدارة الأراضي. وقد كان الحل من مشروعات آلية التنمية CERs الذي وقع عليه الاختيار أن تترك خفوضات الابتعاثات المعتمدة النظيفة في نطاق استخدام الأرض والتغير في استخدام الأرض والحراجة لينقضي أجلها بعد مدة معينة من الزمن، ويلزم على شركاء المشروع أن يختاروا في وثيقة تصميم المشروع واحدا من الخيارين التاليين:

- خفوضات ابتعاثات معتمدة مؤقتة temporary CERs (tCERs) ينقضي أجلها عند نهاية فترة الالتزام التي تتبع الفترة التي أُصدِرت خلالها.
- خفوضات ابتعاثات معتمدة طويلة الأمد (long-termCERs) ينقضى أجلها عند نهاية فترة الاعتماد المختارة.

ويمكن أن يجري التحقق المبدئي والإشهاد (إصدار الشهادة) بوساطة الكيان التشغيلي المعين Designated Operational Entity (DOE) في الوقت الذي يختاره شركاء المشروع، ويتعين تأكيد صحة وإشهاد كل من خفوضات الابتعاثات المعتمدة المؤقتة، وخفوضات الابتعاثات المعتمدة طويلة الأمد كل 5 سنوات بعد ذلك حتى يمكن إظهار دوامية وثبات الكربون المختزن.

ولقد كانت المنظمات البيئية غير الحكومية شديدة الشغف بوجوب استبعاد المزارع الصناعية أحادية المزروعات (بما فيها الأشجار المعدلة وراثيا) بدعوى أنها تهدد التنوع الأحيائي، كما تهدد حماية الخزان المائي والمعايش المحلية المستدامة، لذا فقد حثت الأطراف على السعي، على نحو قطعي، إلى الزراعات متعددة الأنواع التي تزيد، أو على الأقل تحفظ، التنوع الأحيائي غير أن التفاوض انتهى إلى نص (الطرائق والإجراءات) يقول إنه متروك للدولة المضيفة أن تقيم المخاطر المصاحبة لاستخدام الأنواع الغريبة الاجتياحية والعضويات المعدلة وراثيا:

وقد دعا مؤتمر الأطراف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC إلى أن تحكم صياغة أساليب تقدير وقياس ورصد ومراقبة وتقارير التغيرات في مخزون الكربون وابتعاثات غازات الدفيئة، وهذا التقرير الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ المعنون:

«دليل الممارسة الجيدة لاستخدام الأرض والتغير في استخدام الأرض والحراجة في إعداد المخزونات الوطنية لغازات الدفيئة بمقتضى الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ».
Good Practice Guidance for LULUCF in the preparation of national greenhouse gas inventories under the Convention

وقد ووفق عليه أخيرا في مؤتمر الأطراف التاسع، ويتعين أن تكون منهجيات الأساس القاعدي والرصد والمراقبة، وكذلك وثيقة تصميم المشروع، متوافقة مع هذا الدليل.

الاعتماد الوطني National Approval

يتركز أحد أغراض آلية التنمية النظيفة في مساعدة الدول النامية على إحراز التنمية المستدامة، فحكومة الدولة النامية مسؤولة عن فحص (غربلة) المشروعات ثم إقرار ما إذا كان المشروع يحقق هذا المطلب، ويتعين على الدولة المضيفة لذلك أن تطور معايير ومتطلبات قومية لتأمين التقييم المتلازم المبرر الشفاف. ومن المهم بمكان أن تكون هذه المعايير متوافقة مع أولويات التنمية الوطنية، ويلزم على جميع الدول التي ترغب في المشاركة في آلية التنمية النظيفة أن تعين سلطة وطنية للآلية تتكفل بتقييم المشروعات واعتمادها، وتؤدي الوظيفة المنوطة بمركز الاتصال. وعلى الرغم من أن العملية الدولية قد أفرزت الدلائل الإرشادية العامة بشأن الأسس القاعدية والمضافية، فإن كل دولة نامية تقع عليها مسؤولية تحديد المعايير القومية لاعتماد المشروعات.

ويلزم أن تصدر السلطة الوطنية لآلية التنمية النظيفة البيانات الضرورية للمشاركة الطوعية في المشروعات من جانب مطوري المشروعات ومقدميها، كما يلزم أن تؤكد أن أنشطة المشروعات تساعد الدولة المضيفة على إحراز التنمية المستدامة.

السلطة الوطنية المعينة (DNA)

يتحتم على الدولة المضيفة أن تؤسس سلطة وطنية معينة تناط بها مسؤولية إقرار ما إذا كانت أنشطة المشروع تؤدي دورا مشاركا نحو إحراز مطامح الدولة في التنمية المستدامة، وما إذا كانت الدولة توافق على المشاركة في المشروع.

ويكمن أحد العناصر الرئيسية لجذب استثمارات آلية التنمية النظيفة في تطبيق الدولة المضيفة إجراءات سريعة وشفافة لفحص (غربلة) المشروعات وتقييمها واعتمادها، وكي تتمكن من إحراز هذا الهدف يتعين على السلطة الوطنية لآلية التنمية النظيفة أن تطبق نظاما معياريا لهذه الفاعلية. والسؤال المحورى هنا هو: على أي نحو يجب أن تكون واجبات عمل السلطة الوطنية المعينة؟ وماذا ينبغى أن يكون عليه الفريق العامل فيها؟

إن السلطة الوطنية المعينة يلزمها أن تحيط بالبيئة التشريعية والقانونية القائمة، وأن تشيد هيكل عمل تنظيميا قادرا على تقييم واعتماد مشروعات آلية التنمية النظيفة، ويتضمن ذلك:

1 - تطوير وتنمية المعايير القومية، ومتطلبات المعلومات المختصة بها، لتأمين التقييم المتلازم

المبرر الشفاف لمشروعات آلية التنمية النظيفة وفقا لقرارات المجلس التنفيذي لآلية التنمية النظيفة (المضافية - المستدامية).

2 - تأمين خضوعية وإذعان مشروعات آلية التنمية النظيفة للأحكام الوطنية السياساتية والتنظيمية المرتبطة.

3 - صياغة وإحكام وضع الدلائل الإرشادية والإجراءات اللازمة لاعتماد المشروع.

وتعتبر الاستدامة المؤسسية هي العامل الوحيد المهم في تأسيس السلطة الوطنية المعينة لآلية التنمية النظيفة، وهي تعتمد على مستوى الفاعلية، والعائدات المولدة، وبالتالي القدرة على التمويل الذاتي للسلطة الوطنية ذاتها، ووضعيتها المؤسسية والقانونية. ولا يوجد مدخل وحيد لإنشاء وتطوير السلطة الوطنية المعينة، فعديد من المداخل يمكن اتباعها، وجميعها يلزم أن تتحسب للاحتياجات والموارد الخاصة بكل دولة على حدة، وبعض الدروس يمكن تعلمها من الكيانات الوطنية للأنشطة المنفذة تشاركيا (AIJ) التي أنشئت تحت الطور التجريبي أو المرحلة الريادية.

وتوجد خمسة مداخل لتطوير السلطة الوطنية المعينة يمكن اقتراحها على نحو موجز: نموذج الإدارة الحكومية المفردة، ونموذج الوحدتين، ونموذج الإدارات الحكومية المتداخلة، ونموذج الظهير المروج للاستثمار الأجنبي المباشر، ونموذج المساند الخارجي.

المصادقة الرسمية / التسجيل Validation/Registration

يقوم كيان تشغيلي معين المشروع Designated Operational Entity (DOE) مختار بوساطة شركاء المشروع بعد ذلك، بمراجعة وثيقة تصميم المشروع، ويقدم الدعوة إلى تلقي التغذية المرتدة عليها من قبل المنظمات غير الحكومية والمجتمعات المحلية (الملاحظات والتعليقات)، وبعدها يقرر ما إذا كان تتعين المصادقة رسميا عليها.

وطبقا للحالة النموذجية، تكون هذه الكيانات التشغيلية شركات قطاع خاص مثل شركات المراجعة والفحص، وشركات المحاسبة، والشركات الاستشارية، ومكاتب المحاماة والخدمات القانونية، القادرة على دفع وإدارة تقييمات مستقلة ذات وثوقية لخفوضات الابتعاثات. فإذا ما صودق عليها يقوم الكيان التشغيلي بتوجيهها إلى المجلس التنفيذي للآلية لتسجيلها رسميا، والكيانات التشغيلية المعينة المعتمدة بوساطة المجلس التنفيذي للآلية تُدرَج في قائمة تنشر بموقع آلية التنمية النظيفة بالاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ على الشبكة الدولية للمعلومات.

وتوجد بهذا الموقع كذلك قائمة منفصلة للكيانات الجديدة المتقدمة بطلبها Applicant Entitie AEs، ولاتزال تحت عملية الاعتماد، متضمنة تصنيفا بنطاقات العمل التي تقدمت بطلبها لأجلها، وبعض هذه الكيانات الجديدة المتقدمة بطلب إدراجها في القائمة يمكن استخدامها لتقديم مقترحات بالمنهجيات الجديدة للأسس القاعدية والرصد والمراقبة إلى المجلس التنفيذي للآلية.

ويوجد حصر بهذه الكيانات المتقدمة كي تدرج بالقائمة متاحا أيضا بموقع آلية التنمية النظيفة بالاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ على الشبكة الدولية للمعلومات، ويستطيع الكيان المتقدم لإدراجه بالقائمة أن يرفع إلى المجلس التنفيذى آلية منهجية جديدة فقط إذا ما استوفت الشروط الآتية:

- فريق تقييمي لآلية التنمية النظيفة CDM Assessment Team (CDM-AT) يجري الفحوص ويستقصي حول ما إذا كان الكيان المتقدم يحتاز المؤهلات اللازمة كي يصبح كيانا تشغيليا معينا - يُخصَّص للكيان المتقدم بطلب إدراجه في القائمة بوساطة هيئة تقييم آلية التنمية النظيفة CDM Assessment Panel (CDM-AP) المنبثقة عن المجلس التنفيذى للآلية.
- الكيان المتقدم بطلب إدراجه يحتفظ بدليل توثيقي (مثال تقرير إجراءاتي) لكل منهجية جديدة رفعت إلى المجلس التنفيذى للآلية.

والكيانات التشغيلية المعينة يمكن أن تعتمد لخمسة عشر نطاقا أو مجالا قطاعيا، لذا يتعين على شركاء المشروع أن يتحققوا تحت أي من هذه النطاقات أو الأغراض القطاعية يتوافق مشروعهم ويليق، وأن يتخيروا للمصادقة الرسمية الكيان التشغيلي المعين المعتمد لهذا النطاق (المجال أو الغرض). وتعريف النطاقات الوارد بالجدول (4) يستند إلى قائمة القطاعات / الموارد بالمرفق ألف لبروتوكول كيوتو . ورغم غياب بعض القطاعات عن الجدول فإن الكيانات التشغيلية المعينة يمكنها أن تقترح نطاقات أو مجالات قطاعية جديدة .

الجدول (4): الطاقات القطاعية التي يمكن لأجلها اعتماد كيانات تتقدم بطلب إدراجها http://cdm.unfccc.int/dpe/scopes.html

1	صناعات الطاقة (المصادرة المتجددة / غير المتجددة)
2	توزيع الطاقة
3	الطلب على الطاقة
4	صناعات الورش والمعامل
5	الصناعات الكيميائية
6	التشييد
7	النقل
8	صناعة التعدين (استخراج المعادن)/ الإنتاج المعدني
9	إنتاج الغازات
10	الابتعاثات المتجددة (المتطايرة) عن الوقود الأحفوري (صلب، نفط، غاز)
11	الابتعاثات المتجددة (المتطايرة) عن إنتاج واستهلاك الهالوكربونات وسادس فلوريد الكبريت
12	استخدام المنيبات
13	مناولة المخلفات والتخلص منها
14	التحريج (زراعة الغابات) وإعادة التحريج
15	الزراعة

والكيان التشغيلي المعين الذي يقع عليه الاختيار سيقوم بمراجعة وثيقة تصميم المشروع وأي وثائق داعمة له ليؤكد أن:

(أ) الأطراف بالمشروع قد صادقوا على بروتوكول كيوتو.

(ب) وثيقة تصميم المشروع قد أتيحت على النطاق الجماهيري، والتعليقات والملاحظات قد دعيت إليها الأطراف المعنية على النطاق المحلي لمدة 30 يوما، وقد أرفق موجز بالتعليقات والملاحظات بتقرير عن الكيفية التي تم بها الاعتبار والتحسب الواجب لأي تعليقات وملاحظات من وثيقة تصميم المشروع.

(ج) شركاء المشروع قدموا للكيان التشغيلي المعين تحليل التأثيرات البيئية للمشروع، وإذا ما اعتبرت التأثيرات جسيمة، تكفلوا بإنجاز التقييم البيئي للتأثيرات متتبعين في ذلك الإجراءات المرعية في الدولة المضيفة.

(د) أنشطة المشروع متوقع أن تسفر عن خفض يكون مضافا إلى ابتعاثات غازات الدفيئة.

(هـ) منهجيات الأساس القاعدي والرصد والمراقبة تقع ضمن المنهجيات المعتمدة بالفعل من قبل المجلس التنفيذي للآلية، أو منهجية جديدة قد اتبعت الطرائق والإجراءات التي أُقرت لتأسيس المنهجيات الجديدة.

الإجراء اللازم للمنهجيات الجديدة للأساس القاعدي :

يلزم أن ترفع المنهجية الجديدة المقترحة إلى المجلس التنفيذي مع مسودة تصميم المشروع، وعندئذ سيتحقق الكيان التشغيلي المعين مما إذا كانت الوثائق مكتملة، ثم يقدم - من دون تحليلات أخرى - هذه المنهجية الجديدة إلى المجلس التنفيذي للآلية لمراجعتها واعتمادها.

الإجراء اللازم للمنهجيات القائمة للأساس القاعدي

يلزم أن يتيح الكيان التشغيلي المعين تقرير المصادقة الرسمية للاطلاع الجماهيري العام لدى إرساله إلى المجلس التنفيذي. وقبل أن يرفع تقرير المصادقة الرسمية إلى المجلس التنفيذي للآلية يلزم أن يتلقى الكيان التشغيلي المعين من السلطة الوطنية المعينة:

1 - موافقة تحريرية على المشاركة الطوعية في المشروع.

2 - تأكيد أن أنشطة المشروع تساعد على إحراز التنمية المستدامة.

الإجراء اللازم للفئات الجديدة لآلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير

يمكن لشركاء مشروع آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير أن يقترحوا على المجلس التنفيذي للآلية مباشرة فئات إضافية للمشروع ذي النطاق الصغير من دون استخدام كيان تشغيلي معين.

الجدول (5): تكلفة المصادقة الرسمية ومنح الشهادة [4]

	التكلفة المقدرة (دولار أمريكي)
دراسة الأساس القاعدي	23,000 - 18,000
خطة الرصد والمراقبة	15,000 - 7,000
المصادقة الرسمية	30,000 - 15,000
الترتيبات القانونية والتعاقدية	38,000 - 23,000
التحقق	7,000 لكل فحص ومراجعة

كم ستتكلف لتعبر بمشروع خلال دورة مشروع آلية التنمية النظيفة؟

يبين الجدول (5) شأن أقل تقدير لتكلفة المعاملات المالية للمصادقة الرسمية على مشروع آلية التنمية النظيفة ومنحه الشهادة يبلغ حوالي 70 ألف دولار أمريكي، وأن الإجراءات المبسطة لآلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير قد تقلل هذه التكلفة إلى حوال 23 ألف دولار أمريكي.

وتبذل الجهود في الوقت الراهن من قبل المجلس التنفيذي للآلية لتقليل تكلفة المعاملات المالية لمشروعات آلية التنمية النظيفة ذات النطاق الصغير. ويعطي المصدر المستقى منه الجدول السابق نظرة إجمالية إلى استطاعة (احتماليات) خفض هذه التكلفة للمعاملات المالية . وتكمن إحدى هذه الاستطاعات لخفض تكلفة المعاملات المالية في استخدام الكيانات التشغيلية المعينة المستقرة في الدول النامية، بيد أنه حتى الآن يوجد عدد قليل للغاية من الكيانات المتقدمة لإدراجها بالقائمة من الدول النامية. ووفق الصندوق الريادي للكربون فإن أكبر تكلفة معاملات مالية لعقد مشروع آلية تنمية نظيفة حتى اليوم هي ٣٠٠ ألف دولار أمريكي وفقا لسجلاتهم.

التسجيل

قرر المجلس التنفيذي للآلية في اجتماعه السادس رسوما تتراوح بين 5 آلاف و30 ألف دولار أمريكي يتعين دفعها للمجلس التنفيذي للآلية نظير تسجيل مشروع آلية التنمية النظيفة. ويوضح الجدول 6 قرار المجلس التنفيذي للآلية أن الرسوم التي تدفع لتسجيل مشروعات آلية التنمية النظيفة ذات النطاق الصغير قد خفضت إلى 5 آلاف دولار أمريكي، وأن رسوم التسجيل للمشروعات الأخرى لآلية التنمية النظيفة تتزايد تدريجيا حتى مبلغ 30 ألف دولار أمريكي مع تزايد الخفض السنوي للابتعاثات الناتج عن مشروعات الآلية، وسوف تدفع هذه الرسوم الإدارية لتدقيق وفحص مشروعات آلية التنمية النظيفة بغرض التسجيل مقدما لكنها سوف تستقطع من «حصة المتحصلات» أو «حصة الإيراد» share of proceeds عند إصدار خفوضات الابتعاثات المعتمدة.

وفي حالة تحزيم (تجميع) المشروعات ذات النطاق الصغير، إذا لم يتجاوز الحجم الإجمالي للمشروع المجمع الحد الموضوع للمشروع ذي النطاق الصغير، فيمكن أن يؤدى عنه فقط مبلغ 5 آلاف دولار أمريكي المحدد أصلا لمشروع آلية التنمية النظيفة على النطاق الصغير، لذا فإن تجميع عدة مشروعات على النطاق الصغير تحت الحد الموضوع للنطاق الصغير يمكن أن يوفر رسوم التسجيل.

ويلزم أن يسجل المجلس التنفيذي للآلية مشروع آلية التنمية النظيفة خلال 8 أسابيع (4 أسابيع لمشروعات الآلية على النطاق الصغير) من تاريخ تلقيه الطلب، فإذا ما قدم طلب المراجعة بوساطة طرف منخرط في أنشطة المشروع، أو ثلاثة أعضاء على الأقل من المجلس التنفيذي للآلية، فإن التسجيل يمكن أن يؤجل حتى ينعقد الاجتماع التالي للمجلس التنفيذي للآلية لأجل المراجعة.

الجدول (6): الرسوم الإدارية لتسجيل مشروع آلية التنمية النظيفة

http://cdm.unfccc.int/EB/Meetings/006/eb06rep.pdf

الخفض السنوي من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	الرسوم بالدولار الأمريكي
15,000 = >	5,000
50,000 = <, 15,000 <	10,000
100,000 = <, 50,000 <	15,000
200,000 = <, 100,000 <	20,000
200,000 <	30,000

تمويل المشروع

بإتمام المصادقة الرسمية على المشروع وتسجيله، يتخذ مطورو المشروع الإجراءات اللازمة لتنفيذه ليتسنى توليد اعتمادات خفض الانبعاثات، مثلما تتولد المنافع التقليدية الأخرى كذلك لتكوين الإيرادات المالية. ويشكل تمويل المشروع جزءا معهودا وحاسما في تنفيذ أي مشروع، وهنالك مصادر تعددية أو ثنائية لرسملة إنشاء مشروعات آلية التنمية النظيفة وتطويرها، كذلك يتضمن تمويل المشروع مخاطر من مختلف المصادر، كما يتطلب أن يتعهد مطورو المشروع بإدارة أي مخاطر محتملة على نحو ملائم، بما في ذلك مخاطر المشروع، والمخاطر السياسية، والمخاطر المرتبطة بالسوق. وتتضمن مخاطر المشروع ما إذا كان المشروع يحقق كل متطلبات آلية التنمية النظيفة، وما إذا كان سيولد اعتمادات خفض الانبعاثات المقدرة في وثيقة تصميم المشروع.

وتشمل المخاطر السياسية دخول بروتوكول كيوتو حيز النفاذ، والمصادقة عليه بوساطة الحكومات المشاركة فيه، بينما تنطوي مخاطر السوق على سعر خفوضات الانبعاثات المعتمدة CERs وتكلفة المعاملات المالية.

ويجب ألا يسفر تدبير رأس المال العام public funding لمشروعات آلية التنمية النظيفة عن تبديد المساعدات الرسمية للتنمية (Official Development Assistant (ODA، ويجب أن يكون مستقلا عن الالتزامات المالية للأطراف المشمولة في المرفق الأول وغير محتسب تجاهها.

الرصد والمراقبة Monitoring

لا يكتسب المكون الكربوني للمشروع، الذي يستهدف خفضه والتخفيف منه، قيمة في السوق الدولية للكربون ما لم يسلم إلى عملية التحقق وتأكيد الصحة المصممة خصيصا لقياس وفحص ومراقبة المكون الكربوني، لذا بمجرد أن يدخل المشروع طور التشغيل، يعد المشاركون فيه تقرير الرصد والمراقبة، مشتملا على تقدير خفوضات الابتعاثات المعتمدة المولدة، ويرفعونه إلى كيان تشغيلي معين لتحقيقه وتأكيد صحته.

ويعد الرصد والمراقبة هيمنة منهاجية أو إشرافا نظاميا على أداء المشروع عن طريق قياس وتسجيل المؤشرات المستهدفة المرتبطة بالغرض منه. ويتعين على مطوري المشروع أن يقوموا بإعداد خطة للرصد والمراقبة ذات شفافية، يعول عليها ولصيقة بالمشروع. وعلى ذلك تتطلب خطة الرصد والمراقبة توفير معلومات مفصلة تتعلق بتجميع وأرشفة (حفظ) جميع البيانات المرتبطة بالمشروع اللازمة لإدراك:

- تقدير ابتعاثات غازات الدفيئة الحادثة داخل تخوم المشروع.
- تحديد ابتعاثات الأساس القاعدي من غازات الدفيئة.
- تحديد التسربات.

وكمثال، يتعين رصد ومراقبة المعلومات التالية:

- استهلاك الوقود.
- مستويات الأنشطة.
- الحرارة المنتجة التي تم إحلالها (استبدالها).
- الكهرباء المنتجة التي تم إحلالها (استبدالها).
- الفقد في الشبكة الكهربية.
- أسعار الوقود/ الدعم/ الضرائب.

وإذا كان مشروع الآلية مشروعا لكفاءة الطاقة في جانب الطلب، مكونا من مجموعة معدات وأجهزة ستكون عملية رصدها ومراقبتها مكلفة، لذا يقترح للمشروعات ذات النطاق الصغير الاكتفاء برصد ومراقبة عينة ملائمة من المعدات والأجهزة المركبة . ويمكن أن تكون هذه العينة صغيرة في حالة التكنولوجيات ذات الأحمال الثابتة في أثناء التشغيل، كاللمبات الكهربية، بينما في حالة التكنولوجيات التي تتضمن أحمالا متغيرة كمكيفات الهواء، ربما تتطلب العينة أن تكون كبيرة نسبيا، وفي الحالين يجب أن يشتمل الرصد والمراقبة على تحققات (اختبارات)

سنوية لعينة من المعدات والأجهزة لم تُقس لتأكيد استمرارية تشغيلها، وينبغي أن يستوعب الرصد والمراقبة كلا من رصد ومراقبة «القدرة» و«ساعات التشغيل» أو «استخدام الطاقة» للجهاز أو للمعدة المركبة عن طريق اتباع منهجية ملائمة.

وتظهِر اتفاقات مراكش المعلومات الضرورية التي يتعين أن توفرها خطة الرصد والمراقبة على النحو التالي:

– تجميع وأرشفة جميع البيانات ذات العلاقة اللازمة لتقدير أو قياس الابتعاثات الأنثروبوجينية من غازات الدفيئة بمصادرها الحادثة داخل تخوم المشروع خلال فترة الاعتماد.

– تجميع وأرشفة جميع البيانات ذات العلاقة اللازمة لتحديد الأساس القاعدي للابتعاثات الأنثروبوجينية من غازات الدفيئة بمصادرها الحادثة داخل تخوم المشروع خلال فترة الاعتماد.

– تحديد جميع المصادر الممكنة أو المحتملة للابتعاثات الأنثروبوجينية المتزايدة من غازات الدفيئة بمصادرها، وتجميع وأرشفة البيانات عنها خارج تخوم المشروع، التي تكون مؤثرة وتنتسب على نحو ملائم لأنشطة المشروع خلال فترة الاعتماد.

– تجميع وأرشفة المعلومات المرتبطة بتقييم التأثيرات البيئية للمشروع، مشتملة في ذلك على التأثيرات عابرة الحدود.

– تأكيد الجودة وإجراءات التحكم لعملية الرصد والمراقبة.

– إجراءات للحساب الدوري للخفض في الابتعاثات الأنثروبوجينية بمصادرها الناتجة عن أنشطة المشروع المقترح لآلية التنمية النظيفة، وإجراءات كذلك لتأثير التسرب.

– توثيق جميع الخطوات المتضمنة في حساب التسربات، والإجراءات المتبعة للحساب الدوري لخفوضات الابتعاثات خلال العمر التشغيلي للمشروع.

ويخطط الرصد والمراقبة وينفذ بوساطة شركاء المشروع، ويلزم أن تختار منهجية الرصد والمراقبة مقترنة بمنهجية الأساس القاعدي بقاعدة البيانات على صفحة موطن آلية التنمية النظيفة في الشبكة الدولية للمعلومات.

التحقق / الإشهاد Verification/Certification

التحقق هو المراجعة الدورية المستقلة، والتحديد «البعدي» أو اللاحق بوساطة الكيان التشغيلي المعين للخفوض في الابتعاثات الأنثروبوجينية وفق مصادرها من غازات الدفيئة، التي تم رصدها ومراقبتها، والتي حدثت نتيجة لأنشطة المشروعات المسجلة لآلية التنمية النظيفة خلال فترة التحقق لنتائج وتأكيد صحة الخفض، ويشتمل التحقق على الفحص والمراجعة الدورية والرصد والمراقبة الدورية periodic auditing لنتائج الرصد والمراقبة، وتقييم خفوض الابتعاثات المحرزة، وكذلك تقييم المطابقة أو التوافق المستمر للمشروع مع خطة الرصد

والمراقبة. ويتحتم أن يتأكد الكيان التشغيلي من أن خفوضات الابتعاثات المعتمدة قد نتجت بالمطابقة للدلائل الإرشادية والشروط المتفق عليها في المصادقة الرسمية المبدئية على المشروع، واستتباعا للمراجعة الدقيقة المفصلة سيتعين على الكيان التشغيلي أن ينتج تقريرا تحقيقيا أو إثباتيا ثم يشهد بعد ذلك (يصدر شهادة) بكمية خفوضات الابتعاثات المعتمدة المولدة بوساطة مشروع آلية التنمية النظيفة.

إن الكيان التشغيلي لا يستطيع أن يؤدي/ الإشهاد لمشروع آلية التنمية النظيفة إذا قام بالمصادقة الرسمية على المشروع نفسه، فذلك ممكن فقط في حالة مشروعات الآلية على النطاق الصغير، وللمشروعات المفردة في حالة أن يعطي المجلس التنفيذي للآلية تصريحا بذلك.

أما الإشهاد فهو تأكيد مكتوب (شهادة) بوساطة الكيان التشغيلي المعين بأنه، في خلال فترة زمنية محددة، أحرزت أنشطة المشروع الخفوض في الابتعاثات الأنثروبوجينية بمصادرها من غازات الدفيئة على نحو ما صودق عليه رسميا. وعلى الكيان التشغيلي المعين أن يحيط شركاء المشروع، والأطراف المنخرطين فيه، والمجلس التنفيذي للآلية، بقرار إشهاده كتابة (أي بالشهادة التي أصدرها) على الفور لدى اكتمال عملية الإشهاد، وأن يتيح تقرير الإشهاد للاطلاع العام. ولسوف يكون قرار الإشهاد بمنزلة الطلب المقدم للمجلس التنفيذي للآلية لإصدار خفوضات ابتعاثات معتمدة CERs مساوية للكمية المحققة (المثبتة) من خفوض الابتعاثات الأنثروبوجينية لغازات الدفيئة. وما لم يطلب أحد شركاء المشروع أو ثلاثة أعضاء من المجلس التنفيذي للآلية المراجعة خلال 15يوما، فإن المجلس التنفيذي سوف يعطي تعليماته لمسجل آلية التنمية النظيفة كي يصدر خفوضات الابتعاثات المعتمدة.

إصدار خفوضات الابتعاثات المعتمدة

يلزم على المجلس التنفيذي للآلية أن يصدر خفوضات الابتعاثات المعتمدة لشركاء المشروع خلال 15 يوما من تاريخ اليوم الذي تلقى فيه الطلب لأجل الإصدار، ويلزم كذلك، على نحو مبكر بقدر الإمكان في أثناء مفاوضات تصميم المشروع، أن تصاغ عقود ملكية اعتمادات الكربون بين المساهمين فيه، إذ يتعين أن تكون حقوق والتزامات كل طرف غاية في الوضوح. والحقوق قد تتضمن خيار بيع خفوضات الابتعاثات المعتمدة لطرف ثالث، والعقد يوجب أن يحدد كذلك التغطية التأمينية على المشروع، ويتعين أن يشترط القواعد الكفيلة بحل النزاعات بين الأطراف. يضاف إلى ذلك أن اثنين في المائة من خفوضات الابتعاثات المعتمدة المصدرة يلزم أن تستقطع وتدفع لمصلحة المساعدة على مقابلة تكاليف المواءمة، بينما الدول الأقل نموا معفاة من هذه الرسوم، ولسوف يداوم سجل آلية التنمية النظيفة الذي أنشئ بوساطة سكرتارية الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ على تتبع كل إصدارات خفوضات الابتعاثات المعتمدة، ومتى أصدر المجلس التنفيذي للآلية خفوضات الابتعاثات

المعتمدة توضع في حساب معلق (موقوف) في سجل آلية التنمية النظيفة، فمن هنا ستتحرك خفوضات الابتعاثات المعتمدة إلى حساب الكيان القانوني للطرف طبقا للتجزئة الموصفة في الطلب المقدم من الشريك المنتفع بالمشروع.

وثيقة تصميم المشروع Project Design Document(PDD)

يضطلع هذا الفصل بتقديم وصف عام لكل جزء من أجزاء النسخة الحالية من وثيقة تنفيذ المشروع، كما يقدم معلومات تتصل بكيفية استيفاء هذه الوثيقة (انظرالجدول 4)، ومن واقع التطور الدائم الذي يشمل العملية بجملتها فإن وثيقة تصميم المشروع قد تتعرض للتغيير في المستقبل.

حساب غازات الدفيئة بمصادرها

هذا الجزء من كل من وثيقتي تصميم المشروع (الآلية المعتادة، والآلية على النطاق الصغير) يجب أن يشتمل على معلومات عن حساب خفوضات ابتعاثات غازات الدفيئة بمصادرها (مصدرا مصدرا).

وطريقة مباشرة ذلك يمكن أن تبدأ بعمل قائمة بمصادر ابتعاثات غازات الدفيئة المصاحبة للمشروع،

والتمييز بين كل من:

- الابتعاثات المباشرة بالموقع.
- الابتعاثات المباشرة خارج الموقع.
- الابتعاثات غير المباشرة بالموقع.
- الابتعاثات غير المباشرة خارج الموقع.

(الموقع هو حيثما تنفذ وتحدث فيه أنشطة تنفيذ المشروع).

-الابتعاثات المباشرة بالموقع قد تكون ابتعاثات من حرق الوقود في المشروع.

الابتعاثات المباشرة خارج الموقع قد تكون ابتعاثات للأساس القاعدي من الحرارة/ الكهرباء المعتاد الإمداد بها من الشبكة، بيد أنها تلك التي ستُنتَج بوساطة المشروع. مثال آخر قد يستقي من مواقع الدفن الأرضي بمقتضى مشروع يُجمَّع من خلاله الميثان خفض ابتعاثات الميثان CH_4 واستخدامه/ حرقه.

الابتعاثات غير المباشرة بالموقع من استهلاك الطاقة، كمثال للمعدات المستخدمة في تشييد سد للقوى المائية، ومأخذ القوى، والأنفاق، والطرق، والأنابيب، يمكن استثناؤها حيث إنها تكون صغيرة بالقياس إلى الابتعاثات من المحطة ويصعب قياسها.

الابتعاثات غير المباشرة خارج الموقع من إنتاج المواد الخام المستخدمة في المشروع، ويتحتم أن تكون خارج الموقع، حيث إنها لا تتأثر مباشرة بأنشطة المشروع.

والخطوة التالية هي بت تحديد أي من هذه الابتعاثات يقع داخل تخوم المشروع، وتخوم المشروع يمكن أن تشتمل على كل من الابتعاثات داخل وخارج الموقع، وتكتنف تخوم المشروع جميع الابتعاثات الأنثروبوجينية الواقعة تحت تحكم شركاء المشروع، والقاعدة العامة هي أن الابتعاثات يتعين ألا تؤخذ في الحسبان ما لم تخضع مباشرة لتحكم المشروع أو التأثر به.

لاشك في أنها فكرة جيدة إذا رُسِمَ شكل توضيحي يبين العناصر الرئيسية للمشروع، وسريان الطاقة فيه، وتخومه المحيطة به، ورباطاته الخارجية، على أن يتضح فيه كذلك أي العناصر ستُضاف، وأيها ستُزال أو سيعاد تجديدها بوساطة المشروع.

تمويل مشروعات آلية التنمية النظيفة

حيوية مشروع آلية التنمية النظيفة

تنتج مشروعات آلية التنمية النظيفة كلا من المخرجات التقليدية المعتادة للمشروعات، والمنافع الكربونية (خفوضات الابتعاثات المعتمدة). وتتأثر قيمة المنافع الكربونية وانعكاساتها على حيوية المشروع بعوامل عدة مثل كمية خفوضات الابتعاثات المعتمدة المولدة بوساطة المشروع، وسعر وحدة الخفض، وتكاليف المعاملات المالية المتضمنة في تأمين خفوضات الابتعاثات المعتمدة.

كمية خفوضات الابتعاثات المعتمدة

تعتمد كمية خفوضات الابتعاثات المعتمدة المولدة بوساطة المشروع على غاز الدفيئة الذي تتم إزاحته أو تقليصه أو إحلاله بمقتضى تنفيذ المشروع، وفترة الاعتماد التي وقع عليها الاختيار. وتستبدل مشروعات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة التوليد الكهربي و/أو الحراري المكثف للكربون، فالمشروعات المرتبطة بالشبكة أو الخارجة عن الشبكة، التي تستبدل وقود الفحم والديزل المكثفين للكربون على نحو أكبر، تولد خفوضات معتمدة للابتعاثات أكثر مما تولده المشروعات التي تستبدل وقود الغاز الطبيعي. أما المشروعات التي تحتجز الميثان مع بقية غازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون فتولد خفوضات ابتعاثات معتمدة أكبر بكثير نظرا إلى أن كمائن الدفيئة العالمية (GWPs) للميثان والغازات الأخرى أعلى بمضاعفات كثيرة من نظيرها لغاز ثاني أكسيد الكربون.

وعلى نحو ما تمت مناقشته سابقا، تشترط اتفاقات مراكش خيارين اثنين لفترة الاعتماد: 7 سنوات مع تجديد الخيار لمرتين أخريين (بإجمالي 21 عاما)، أو 10سنوات من دون تجديد.

سعر خفوضات الابتعاثات المعتمدة

يتحدد سعر خفوضات الابتعاثات المعتمدة في سوق الكربون. وفي الوقت الحالي لا يعدو سوق الكربون أن يكون «تجمعا مفككا لمعاملات مالية متباينة» حيث يتعين مبادلة خفوضات

الابتعاثات. وهنالك ثلاث أسواق رئيسية يتم فيها الاتجار في الخفوضات المعتمدة لابتعاثات غازات الدفيئة: وفقا لنظام الأساس المشروعاتي أو «أساس قاعدي واعتماد baseline & credit» أو غطاء وتجارة Cap and Trade ونظام السوق الطوعية.

إن تسعير وحدات خفض الابتعاثات المعتمدة يعتبر عملية مفعمة بالمضاربات التجارية والمالية، ولذا يضع الصندوق الريادي للكربون PCF في اعتباره عديدا من البارامترات لدى تحديده السعر في اتفاقات شراء الكربون التي يبرمها. بل أكثر من ذلك توجد بارامترات معينة للمشروعات تستلزم تميزات سعرية خاصة بمقتضى برنامج الصندوق، وهي تشمل:

1- وجود ضمانات حكومية.

2- توليد منافع اجتماعية من المشروع.

3- استبعاد تكاليف الإعداد من التكلفة الإجمالية للمشروع.

وفي برنامج سيرابت C-ERUPT تتفاضل الأسعار كذلك وفقا للنمط التكنولوجي، وتشكل خفوضات الابتعاثات المعتمدة من مشروعات الطاقة المتجددة السعر المرجعي reference price (الحد الأقصى للسعر 5.5 يورو لكل وحدة خفض ابتعاثات معتمدة). وقد سعرت خفوضات الابتعاثات المعتمدة من المشروعات الناضجة للكتلة الأحيائية المستدامة، مثلها في ذلك مثل مشروعات كفاءة الطاقة، بأقل 20%من الأسعار السابقة (الحد الأقصى للسعر 4.5 يورو لكل وحدة خفض)، بينما تعرض الخفوضات من مشروعات التحول في الوقود واسترجاع الميثان بسعر أرخص بنسبة 40% (الحد الأقصى للسعر 3.3 يورو لكل وحدة خفض).

ولا يوجد في الوقت الراهن سعر وحيد لخفوض الابتعاثات المعتمدة، لكن الأسعار تتباين وفقا لمركبات المخاطر، ونمط التكنولوجيا، والتنمية الاجتماعية، ويتراوح المعدل الحالى لوحدة

الجدول (7): عوامل ابتعاثات ثاني أكسيد الكربون الموضوعة بوساطة الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ http://www.ipcc-nggip.iges

الوقود	طن ثاني أكسيد الكربون/ تيراجول [TCO2/TJ]
غاز طبيعي	65.1
غاز البيوتان المسيل	63.1
جازولين (بنزين)	69.3
نفط النفاثات	71.5
كيروسين	71.9
نفط خام	73.3
ديزل	74.1
وقود نفطي	77.4
أوريمولشن	80.7
فحم	94.6
كوك بترولي	100.8
فحم ليجنيت	101.2
فحم بيت	106.0
فحم كوك	108.2

الخفض المعتمد لدى الصندوق الريادي للكربون PCF من 3 إلى 4 دولارات أمريكية لكل طن من ثاني أكسيد الكربون، كما يدور، تحت برنامج سيرابت C-ERUPT حول 4 إلى 4.5 دولار لكل طن من ثاني أكسيدالكربون (انظر الجدول 7).

وتستشرف نماذج اقتصادية عديدة سعرا وحيدا للكربون، حيث تفترض هذه النماذج أسواقا تنافسية وغير مقيدة، بيد أن هذه النماذج ذاتها تختط أسعارا عالية جدا للكربون حالما توجد الولايات المتحدة الأمريكية في السوق الدولية لغازات الدفيئة. فبعد شروط بون واتفاقات مراكش، ومع غياب الولايات المتحدة الأمريكية عن السوق، استنبطت هذه النماذج أسعارا منخفضة للكربون. وفي الواقع الفعلي تبدو أسواق الكربون مبعثرة والأسعار المولدة بواسطتها متباينة. وفي تحليل حديث للسوق الدولية لغازات الدفيئة من المتوقع أن تتفاوت الأسعار لخفوضات الابتعاثات الكربونية ذات الأساس المشروعاتي project - based بكل من أسواق التنفيذ المتشارك وآلية التنمية النظيفة، من 3 إلى 5 دولارات أمريكية للفترة من 2002 – 2005، ومن 2.5 إلى 9 دولارات أمريكية للفترة من 2007 - 2012، وأن تتراوح بين 5 و11 دولارا أمريكيا للفترة من 2008 – 2012 .

تكاليف المعاملات المالية

تكاليف المعاملات المالية transaction costs هي تلك التكاليف التي تنشأ عن تسيير المعاملات وإكمالها لتأمين خفوضات الابتعاثات المعتمدة، وهي تتكون من التكاليف السابقة على التشغيل (أو التكاليف الطليعية)، وتكاليف التنفيذ (أي التكاليف الموزعة على مجمل فترة الاعتماد)، وتكاليف الاتجار (الجدول 8)، تتضمن التكاليف السابقة على التشغيل المصروفات المباشرة للبحث (التقصي والتنقيب)، والتفاوض، والمصادقة الرسمية، والاعتماد، أما تكاليف التنفيذ فهي تلك التي يتم تجشمها لقاء الرصد والمراقبة، والإشهاد (استخراج الشهادة)، والإلزام، بينما تُسبَّب تكاليف الاتجار عن المتاجرة في خفوضات الابتعاثات المعتمدة، كتكاليف السمسرة، وتكاليف فتح وإمساك حساب في سجل وطني.

وقد بلغت تكاليف المعاملات المالية السابقة على التشغيل لدى الصندوق الريادي للكربون 229 ألف يورو (265 ألف دولار أمريكي)، بينما تقدر إيكوسيكيوريتيز Ecosecurities الحد الأدنى لتكلفة هذه المعاملات المالية الطليعية بحوالي 70 ألف يورو (42 ألف جنيه استرليني – الجدول 9).

وقد أظهرت عدة دراسات أن تكلفة المعاملات المالية لكل طن من ثاني أكسيد الكربون للمشروعات الكبيرة تعتبر صغيرة جدا أو حتى يمكن إغفالها، بينما تلك التي للمشروعات ذات النطاق الصغير تكون جسيمة حقا. ويتضح، والحالة هكذا، أن المستثمرين ربما يفضلون المشروعات ذات النطاق الكبير.

الجدول (8): تقديرات تكلفة المعاملات المالية لآلية التنمية النظيفة [5]

	دورة المشروع	إيكوسيكيوريتيز Ecosecurities، 2002 (جنيه إسترليني)	الصندوق الريادي للكربون (PCF) (دولار أمريكي)
تصميم طور سبق التشغيل (المرحلة الطليعية)	الإعداد والمراجعة	-	40,000
	دراسة الأساس القاعدي	15,000-12,000	20,000
	برنامج الرصد والمراقبة	10,000-5,000	20,000
	التقييم البيئي	-	-
	مشاورة الأطراف المعنيين	-	-
	الاعتماد	-	-
	المصادقة الرسمية	20,000-10,000	30,000
	الاستشارة واقتراح (تقديم) المشروع	-	105,000
	الترتيبات القانونية والتعاقدية	25,000-15,000	50,000
طور التشغيل	مبيعات (تسويق) خفوضات الابتعاثات المعتمدة	5%-15% من قيمة وحدة الخفض (CER)	-
	متحصلات (ضريبة) المواءمة (*)	2% من قيمة وحدة الخفض (CER) سنويا	-
	تخفيف المخاطر	1%-3% من قيمة وحدة الخفض (CER)	-
	التحقق (تأكيد الصحة)	50,000 لكل فحص ومراجعة (Audit)	25,000 (أول مرة) 25,000-10,000 (دوريا) 20,000-10,000 (إشراف دوري)
	الإدارة من قبل المجلس التنفيذي	يتم تحديدها (x% من قيمة وحدة الخفض CER)	

(*) المشروعات في الدول الأقل نموا معفاة من قيمة 2% المخصصة كضريبة أو متحصلات المواءمة

الجدول: (9) تكاليف المعاملات المالية لآلية التنمية النظيفة [6]

	عوامل تكلفة المعاملات المالية	التعريف (الوصف)
تصميم طور سبق التشغيل (المرحلة الطليعية) Pre-operational Phase Design	تكاليف البحث والتحري	تكاليف محملة بوساطة المستثمرين والمضيفين في بحثهم وتقصيهم لشركات يتقاسمون معهم المشروعات ذات المزايا المشتركة
	تكاليف التفاوض	تتضمن التكاليف المتسببة عن إعداد وثيقة تصميم المشروع، التي توثق المهمات، وجدولة المنافع على مدى القدرة الزمنية للمشروع، كذلك تتضمن نفقات تنظيم المشورة الجماهيرية مع الأطراف المعنيين الرئيسيين.
	تحديد الأساس القاعدي	تطوير أساس قاعدي يتم الاستناد إليه.
	تكاليف الاعتماد	تكاليف الترخيص (التصريح) من الدولة المضيفة.
	تكاليف المصادقة الرسمية	التكاليف المتجشمة في مراجعة وتنقيح وثيقة تصميم المشروع بوساطة الكيان التشغيلي.
	تكاليف المراجعة	تكاليف مراجعة وثيقة المصادقة الرسمية.
	تكاليف التسجيل	التسجيل بوساطة مجلس تنفيذي الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ/ اللجنة الإشرافية للتنفيذ المتشارك.
طور التشغيل Opretional	تكاليف الرصد والمراقبة	تكاليف لتجميع البيانات
	تكاليف التحقق (تأكيد الصحة)	تكاليف لتعيين كيان تشغيلي وإعداد تقرير يرفع إلى مجلس تنفيذي الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ/ اللجنة الإشرافية للتنفيذ المتشارك.
	تكاليف المراجعة	تكاليف مراجعة التحقق وتأكيد الصحة.
	تكاليف الإشهاد (إصدار الشهادة)	تتضمن التكاليف لدى إصدار خفوضات الابتعاثات المعتمدة (ERUs لآلية التنمية النظيفة) ووحدات خفض الابتعاثات (ERUs للتنفيذ المتشارك) بوساطة مجلس تنفيذي لاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ.
	تكاليف الإنفاذ (الإلزام)	تتضمن التكاليف الإدارية والقانونية المتجشمة في إنفاذ اتفاقات المعاملات المالية والإلزام بها.
الاتجار Trading	تكاليف التحويلات	تكاليف السمسرة.
	تكاليف التسجيل	تكاليف فتح وإمساك حساب في سجل وطني

ويقلل تعجيل المسار للمشروعات ذات النطاق الصغير (تبسيط الإجراءات، وتقييس متطلبات المعلومات وإعداد التقارير) من تكلفة المعاملات المالية بل يحسن كذلك من الحيوية المالية، وبحسب إيكوسيكيوريتيز Ecosecurities 2002 تؤدي الإجراءات معجلة المسار أو المسهلة إلى خفض حوالي 67% من تكاليف المعاملات المالية.

تقدم الحكومة الدنماركية منحا للشركات في تايلاند لتعطي دفعة البدء في مشروعات آلية التنمية النظيفة. يضاف إلى ذلك أن بنك الاستثمار الأوروبي يعتزم الإعلان عن «مرفق تعضيد المعاملات» الذي سيساعد في تحديد المشروعات وإعدادها وتسويق اعتمادات الكربون، كما سيوفر المنح التي سيعاد ردها من العائدات المضمونة بمقتضى مبيعات الكربون.

إدراك السوق Market Intelligence

الطلب على خفوضات الابتعاثات والإمداد بها

يتطلب بروتوكول كيوتو أن تثبت دول المرفق الأول ابتعاثاتها من غازات الدفيئة عند متوسط يقل بنسبة 5.2% عن ابتعاثاتها لعام 1990على مدى الفترة من 2008 - 2012، وسوف تعتمد الكمية الإجمالية للابتعاثات التي يتعين التخفف منها خلال فترة الوصول إلى الاستقرار المطلوب - بشكل رئيسي - على النمو الكلي للابتعاثات، وهو ما سوف يتأثر بصفة رئيسية بالنمو الاقتصادي مثلما يتأثر بالإجراءات التي سيتم تبنيها من قبل هذه الدول، وتظهر الأرقام أن العديد من الدول الصناعية الغربية احتازت عام 2000 ابتعاثات صافية موجبة بالقياس لما يخصها من مستهدفات ابتعاثات كيوتو.

وتشير التقارير الحديثة إلى أن ابتعاثات غازات الدفيئة في عامي 2002 و2003 قد استمرت في الارتفاع في العديد من هذه الدول مثل أستراليا والنمسا وفنلندا وألمانيا واليابان والنرويج والمملكة المتحدة، وتبين المخططات والتوقعات لعام 2010أن فجوة الابتعاثات سوف تتزايد أكثر في معظم هذه الدول حتى مع الإنجاز الكامل لإجراءاتها السياساتية الراهنة، بيد أن معظم الدول الأوروبية الشرقية أحرزت ابتعاثاتها عام 2000 على نحو أقل من مستهدفاتها بكيوتو.

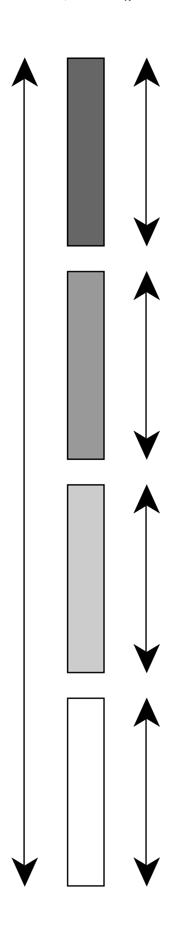
وتوجد خيارات عديدة أمام كثير من دول المرفق الأول لمقابلة الالتزامات المقيِّدة لها قانونا (الشكل 2)، وهي تتضمن الإجراءات المحلية للتخفيف، وتنمية مماص الكربون، والمتاجرة في الاعتمادات الزائدة (الهواء الساخن hot air) من الاقتصادات الانتقالية، والمتاجرة في الاعتمادات المتولدة عن مشروعات آلية التنمية النظيفة (CERs) والناتجة كذلك عن مشروعات التنفيذ المتشارك (ERUs).

لقد أعلن عدد من دول الاتحاد الأوروبي شراء خفوضات ابتعاثات من مشروعات التنفيذ المتشارك وآلية التنمية النظيفة، فلقد خططت الحكومة الهولندية لشراء خفض سنوي للابتعاثات في حدود 12 مليون طن متري من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، وخططت إيطاليا



لشراء حوالي 11 مليون طن متري من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، كما خططت النمسا وبلجيكا والدنمارك وأيرلندا مجتمعة لشراء حوالي 10 ملايين طن متري من مكافئ ثاني أكسيد الكربون خلال 2008-2012، ويقدر الإمداد بالخفوضات المخططة من الابتعاثات في ما بين 1177 و2064 مليون طن متري من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنويا.

ويتراوح الإمداد بالخفض المعتمد للابتعاثات في مدى من 55 إلى 183 مليون طن متري تقريبا من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، بيد أن بدايات عام 2004 لم تسجل سوى 82 مشروعا لآلية التنمية النظيفة بلغت مرحلة توثيق تصميم المشروع قد تثمر إمدادا تراكميا من الخفض المعتمد للابتعاثات يبلغ 4.23 مليون طن متري عام 2007.



الشكل (2): الطلب على اعتمادات خفض الانبعاثات والإمداد بها [1]

يوضح الاتزان المخطط للطلب والإمداد أنه ستكون هنالك زيادة صافية في خفوض الابتعاثات عام 2010، تتراوح في مدى من حوالي 336 إلى 1873 مليون طن متري من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، لكن هذه السيناريوهات للزيادة أو الفائض في خفوض الابتعاثات سوف

تتجسد واقعا متحققا فقط إذا تم الاتجار في إمدادات خفوض الابتعاثات على نحو متحرر في سوق تنافسية، ففي الواقع المتحقق سيعتمد ذلك على إرادة دول الإمداد ورغبتها في الإصدار والتحويل تماما، مثلما يعتمد على أن تدرك حكومات التلقي والاستقبال خفوضات الابتعاثات هذه وتستخدمها سعيا إلى بلوغها الإذعان لبرتوكول كيوتو.

إن الطلب على خفوضات الابتعاثات المعتمدة يتأثر لذلك بعوامل عديدة، كالنمو في الابتعاثات بدول المرفق الأول، وتكاليف الخفض في الدول المتقدمة، وأسواق «الهواء الساخن»، وأيضا سوق التنفيذ المتشارك، لذا فالطلب على الخفض المعتمد للابتعاثات ربما يكون عاليا أو منخفضا اعتمادا على تطور العوامل المحددة السابقة.

وختاما، يمكن للقارئ قراءة كل المعلومات عن الدفء العالمي وتغير المناخ بالرجوع إلى إصدار كاتب هذه الدراسة [7]، الذي يتناول العديد من المواضيع المهمة والمعادلات الفيزيائية التي تشير إلى تأثير غازات الاحتباس الحراري في مناخ الأرض، الأمر الذي استدعى طرح آلية تنمية نظيفة لرأب صدع كوكبنا، الذي بدأ يتهالك بفعل ارتفاع درجات حرارته.

الهوامش :

1. UNEP(2004), CDM Information and Guide book, 2nd Edition,UNEP
2. Pembina Institute for Approporriate Development (2003): Auser's Guide to to the Clean Development Mechaism (CDM),2nd Edition
3. UNEP RISO Centre (2004)Introduction to CDM (www.cd4cdm).
4. EcoSecurities (2002),Clean Development Mechanism (CDM): Simplified Modalities and Procedures for Small-Scale Projects,A DFID.
5. EcoSecurities (2002),PCF Presentation CDP 8,Side event.New Delhi,24 Oct 2002.
6. Michaelowa,A., Stronzik Marcus,E.,Eckerman,F. and Hunt,A.(2003) Transaction Cost of Kyoto Mechanisms, Climate Policy ,Vol3,pp261-278.
7. وهيب عيسى الناصر (2004)، الدفء العالمي وتغير المناخ، المؤسسة العربية للطباعة والنشر، مملكة البحرين.

آفاق معرفية

- معيار العلم أو القابلية للإبطال
- استخدام نظرية المجموعات الضبابية في إيجاد الحل الأمثل لمسائل اتخاذ القرار المتعدد المعايير في الحقل الهندسي البيئي

معيار العلم أو القابلية للإبطال

د. يوسف تيبس (*)

«في مجال الإبداع العلمي، فقط، يمكن أن نحب ما نهدم، يمكن أن نكمل الماضي عن طريق إنكاره، يمكن أن نجل الأستاذ بمعارضته».

ج. باشلار

نظرا إلى أن النفي يرتبط بمفاهيم الصدق والصحة المنطقية للنظريات العلمية، ونظرا كذلك إلى أن الإبطال أحد أفعال النفي الأساسية في مجال الاستدلال، فإننا سنعرض لإحدى الأطروحات الإبيستمولوجية التي تتبنى معيار الإبطال أو التكذيب أو التفنيد من أجل قبول النظريات العلمية؛ ويتعلق الأمر بفكر كارل بوبر.

وتتعلق النظرية الإبطالية لبوبر بمدى علمية النظريات، أي بمدى موضوعيتها، وبالتالي بتصور الحقيقة العلمية. لذا يتساءل بوبر عن كيفية تماثل الواقع والمعرفة كلما حدث اكتشاف علمي جديد؛ رغم أنهما يتباينان ويتصادمان في الأصل، مادام الواقع المعلوم يكون دائما أقل غنى من الواقع المجهول. هكذا تتعلق النزعة التفنيدية لبوبر بدرجة دقة المعارف العلمية، وليس بشروط إنتاج العلم، مما يجعلها تندرج ضمن إشكالية علاقة اللغة بالفكر.

وتنبني نظرية الإبطال على مسلمة أساسية مفادها أن: «لا وجود لمعرفة غير قابلة للتشكيك، ولا قضية نظرية لا يمكننا التحقق منها أو التأكد منها»، ومن ثم وجب إخضاع كل النظريات أو الفرضيات العلمية لروائز تجريبية من أجل إثبات خطئها، وليس صدقها. لأن من شأن ذلك أن يدفع الباحثين إلى ابتداع تنظيرات أكثر تطورا، تكون هي بدورها خاضعة لروائز اختبارية.

(*) أستاذ الفلسفة، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، ظهر المهراز، فاس - المغرب.

وهكذا يرتبط معيار الإبطال بمفاهيم الصدق والخطأ والحقيقة والعلمية والموضوعية، إلا أنه يربطها بمعيار القابلية للإبطال عوض معيار القابلية للتحقق.

حاصل القول إن النظريات العلمية لا تكون صادقة، حسب كارل بوبر، إلا إذا تمكننا من تحديد موطن خطئها؛ لأن كل نظرية لابد أن تتضمن جانبا من الخطأ، مما يقلص قدرتها الكلية على تجريد الواقع والتناسب معه. معنى ذلك أن معيار الإبطال يثبت أن كل نظرية ينقصها الاتساق، وتكون قوتها التفسيرية والوصفية والتنبؤية محدودة[1]، تكون إمكاناتها التطبيقية ممتنعة في أحد جوانبها. غير أن الأمر لا يظهر إلا بشكل بعدي مادامت المعرفة العلمية في تطور وتقدم مستمر؛ لذا فالمعرفة العلمية، في نظر بوبر، تستبدل بتفاهات أقل تفاهات أخرى.

إن هذه الخاصية التطورية للمعرفة العلمية، التي مثلت أحيانا ثورات وطفرات، عبر عنها جاستون باشلار بالنفي والتجاوز، هي التي دفعت بكارل بوبر إلى التشكيك في القيمة العلمية للنظريات، وبالتالي إلى الإقلاع عن الفلسفة الوثوقية التي تؤمن بإطلاقية الحقيقة، من أجل تبني إبيستمولوجيا نقدية وإبطالية منفتحة واستنباطية.

إن معيار صدق النظريات عموما هو إما اتساقها وإما إمكان اختبارها تجريبيا، إلا أن بوبر يرد هذا الادعاء إذ إن معيار الإبطال كقسطاس للتحقق من صحة النظريات العلمية يجب أن ينطبق على النظريات التي خضعت أكثر من غيرها للاختبار، لأنها تكون بعيدة عن الشك، فتفيدنا بجانب الصدق فيها، وفي الوقت نفسه تسمح للخطأ بأن يلعب دوره الإبيستمولوجي المتجلي في إثارة تحولات جديدة في النظريات.

وما يسمح بتطبيق فعل التفنيد أو الإبطال هو اعتبار النظرية العلمية نسقا أكسيوميا مكونا من قضايا تركيبية عامة تسمح، بمساعدة الشروط الأولية الملائمة، بإعطاء تفسير سببي للوقائع المعبر عنها بقضايا شخصية، أو وضع توقع لها[2]. وبذلك فإن تحويل النظرية إلى نسق فرضي استنتاجي له ميزات ثلاث هي:

أولا: يجعل الرائز التفنيدي أكثر صرامة مادام يسمح بصياغة واضحة للقضايا الأساسية، التي تكون وظيفتها وضع النظريات في تناقض.

ثانيا: يسهل التعرف على الأجزاء الخاطئة من النظرية، كما يمكن ضبط التغيرات التي قد تنتج عن هذه الأخطاء فتلحق النسق النظري، وذلك بدقة أكثر.

ثالثا: تتغيا الصورنة والنسقية إزاحة كل إمكان لتسرب فرضيات سطحية، لأن النظرية تبلغ عبرهما درجة التمام التي تمنح عباراتها التفسيرية التناسق الداخلي.

فإذا تحققت هذه الشروط الأولية، فإنه في حالة إبطال النظرية بروائزما، لن يضطر العالم إلى العودة إلى فرضيات سابقة من أجل تحصين النظرية ككل؛ مادامت لا تقبل في هذه الحالة سوى الفرضيات التي تجعل النظرية أكثر قابلية للاختبار والإبطال.

إن ربط بوبر معيار الإبطال بالنظريات التي لا تقبل التشكيك فيها معناه وضع حد أقصى لاختبار فاعلية الرائز، مادمنا نعتمد الفرضيات التي تكون أكثر مقاومة؛ وهو ما يقتضي التشكيك في نجاح التجارب السالفة، التي تم قبولها بناء على الاعتقاد الراسخ في مسألة الوجود الدائم للخطأ في النظريات العلمية.

إن فعل الإبطال لا يعتمد المصادفة، كما لا ينتظر الظواهر المناسبة لما يكون قابلا للإبطال داخل النظرية، بل يعتمد مبادرة العالم إلى إثارة الإبطال عبر استنتاج الخصائص البنيوية للنظرية، وهو ما يمثل استراتيجية معيار فعال ومنتج، بإمكانه أن يحدد مدى الكذب أو الخطأ في النظرية. لذا يحذرنا بوبر من الحكم على نظرية ما انطلاقا من اختبار واحد فقط؛ بل إنه يقر بإمكان اختبار الرائز نفسه، وبالتالي تخطيئه إن أمكن ذلك. أما إذا تعلق الأمر بنظرية عامة تحتوي نظريات جزئية، فنلجئ إلى البحث عن روائز مستقلة في ما بينها، تخص كل نظرية جزئية على حدة، وذلك لكي نتمكن من الحكم عليها بشكل كلي وتام. غير أن مصداقية هذه الاختبارات تتعلق بمدى علمية المنهاج التجريبي، خاصة الملاحظة، وكذا بحسن تطبيقه، ويقر بوبر في هذا الصدد بعدم وجود ملاحظة دقيقة، لأنه لا وجود لمعرفة حسية مباشرة، مادامت الحواس مشوبة بمعطيات عقلية ونظرية غير متحقق منها، وبأفكار قبلية، وبدلالات من وحي اللغة، وهو ما يحول الملاحظة في النهاية إلى معطى ذاتي.

محصول القول إنه إذا وجدت قضية تحيل إلى واقع مادي ما، فإنه لا يمكن التحقق منها عبر عدد محدود من الملاحظات؛ وذلك إما لأن الواقع يتغير وإما لأن ظروف الملاحظة هي التي تتغير، مما يؤدي إلى تمثل المعطيات التجريبية بشكل مزيف، وإما أن التنظير القبلي لا يتوافر على استراتيجية لفعلي الملاحظة والتجريب. نضيف إلى هذا أن التحقق التجريبي من الفرضيات لا يجيب إلا عن الأسئلة الموضوعة من طرف النظرية متجاهلا تلك التي لا تضعها.

كما أن التجريب، وإن ادعى العمومية، مشوب بالنقصان إذا قارناه بمستلزمات النظرية، مادامت التجربة العلمية تقف في غالب الأحيان عند حد مناقضة عبارة نظرية من دون إثبات صحتها؛ ومن ثم يغلب الإلغاء على الإبقاء، لذا فالعالم يبحث أكثر مما يكتشف، ومعرفته تكون ضئيلة بالمقارنة مع جهوده النظرية والتجريبية.

خلاصة ما سلف أن النظرية، باعتبارها نسقا من العبارات القابلة للاختبار، وليس زمرة من الحجج التي يؤدي ترابطها إلى اليقين بالموضوع، تكون قابلة للإبطال وبالتالي للتغير؛ وعلى هذا الأساس تتسم المعرفة العلمية بالتكوين المستمر لأنها قابلة للترميم النظري والعملي معا. معنى ذلك أن التجربة لن تمثل أبدا معيارا حاسما للنظرية ما دام بإمكاننا توسيع النظرية والتجربة معا، فنحصل على تناسب مطلق ونهائي بين المجال النظري والواقع المقصود، في حين أن المطابقة بين المعرفة الموضوعية والواقع مبتغى لا يتأتى لأحد.

لقد مثل هذا التصور البوبري رفضا قطعيا للمعرفة المطلقة ولتقديس نتائج النظريات العلمية القائمة على التجربة، وبالتالي رفضا للتصورات الوضعية لمنهج ومعيار العلم وكذا لأوصافه، خاصة صفتي الموضوعية والمعيارية. مناط ذلك وجود عوامل ذاتية وأخرى موضوعية تدفعنا للتشكيك في قيمة التجربة العلمية، أهم هذه العوامل ارتباطها بتأويل النظرية، وكذا عدم وجود الملاحظة الخالصة والواقعة الخام...إن التشكيك في التجربة يعني التقليل من قيمة الحقائق العلمية ومن صدقها وصحتها، أي الجزم بقابلية النظريات العلمية للإبطال.

إن العلم، في نظر كارل بوبر، مجموعة من المشكلات التي تستدعي السجال والبحث، فتتحول إلى متتالية من الإشكالات المعدلة، والمصححة باستمرار عن طريق التكذيب، وهو ما يتنافى مع تصور العلم كتراكم كمي وصيرورة خطية. فيتحول بذلك الخطأ من نقيض للحقيقة إلى جزء منها، وظيفته فتح النظريات بحيث يتجاوز بعضها البعض، أحيانا على شكل طفرات، وهو ما يعبر عنه جاستون باشلار بالقطائع الإبيستمولوجية. إن هذه الخاصية التطورية والتقدمية للمعرفة، وسيرها نحو الصدق، دليل على تصور تاريخي للعلم ينتمي في جزء منه إلى النموذج المترابط المباشر التراكمي، وفي جزئه الآخر إلى النموذج اللامترابط غير المباشر القائم على الطفرات والقطائع. وهو ما تعبر عنه الفلسفات التاريخية لكل من ج.باشلار وإ.لاكاتوش وت.كون ول.لوضان تعبيرا مطابقا لرؤية بوبر لتطور العلم مع بعض الاختلافات الثانوية.

ذلك أن التطابق بين فلسفة العلم، سواء في جانبها المنهجي أو التاريخي، وبين العلم ذاته، في نظر هؤلاء، هو أحد الأسباب التي جعلتنا نعتبر الحديث عن منهج ومعيار العلم أمرا دالا على دور النفي في تكوين وبناء المعرفة العلمية، لأن الإبطال والقطائع والثورات كلها أفعال نفي.

هكذا يعوض بوبر معيار التحقق الوضعي بمعيار الإبطال أو التكذيب، فلا تغدو غاية الإبيستمولوجي هي تبيان صحة النظريات، لأن ذلك من مهمات العالم، بل الكشف عن خطئها؛ لأن الإبيستمولوجي يحرص على دينامية الفكر والواقع معا مادام يؤمن بنسبية الحقيقة العلمية، ولا يؤمن بجواهر الأشياء الثابتة. فالحديث عن معيار الإبطال في مجال المعرفة العلمية يقودنا بالضرورة إلى مناقشة رأي بوبر في مفهوم الموضوعية، لأن هذه الأخيرة هي التي تمنح المصداقية للعلوم الحقة والدقيقة، بل إنها مرتبطة بتسميتها، إذ نصطلح عليها كذلك بالعلوم الموضوعية؛ والعلة في ذلك مطابقتها للواقع وبالتالي إمكان التجريب فيها. ومن ثم فإن تقليل بوبر من مصداقية معيار التحقق هو تقليل من قدسية الموضوعية، ليجعلها تكافئ القابلية للإبطال، ويجردها بذلك من أي دلالة أنطلوجية؛ وهو أمر يتوافق ومناقضته للمذاهب الماهوية. فاهتمام بوبر بدقة النظرية وصرامتها في علاقتها بالنشاط العقلي الذي ينتجها يدل

على ارتباطه بالموضوعية الصورية والظاهرية للعلم أكثر من اهتمامه بتأويل النظرية المطابقة للواقع في استقلال عن التجربة؛ بمعنى أنه لا يكترث بالموضوعية المادية.

لا تكمن الأهمية المنهجية والإبيستمولوجية لنظرية ما، في نظر بوبر، في مفاهيمها، بل في علاقاتها المنطقية مع المشكلات التي تعالجها، ومع النظريات السابقة عليها، والإمكانات العملية التي تتولد عنها؛ ومن ثم فالمفاهيم تستمد صلاحيتها من المشكلات التي تسمح بحلها، لأن هذه المفاهيم هي أدوات للعمل، أي مناهج، تتحول بدورها إلى مشكلات عندما تستنفد كل قدرتها على الشرح، فتتحول إلى ما يحتاج إلى شرح أو تفسير؛ والإبطال يحرص على أن يكون محتوى المفسِّر أغنى من محتوى المفسَّر، فيختبر الأول بمعزل عن الثاني.

وبذلك يكون قوام الموضوعية، في رأي بوبر، هو التفاعل الذواتي، لأن المدينة العلمية هي التي تقرر قبول أو رفض رائز كعنصر من فئة المبطلات المحتملة لنظرية ما؛ بل إن المدينة العلمية نفسها قد تخضع للفرضيات. غير أن ربط الموضوعية بالتفاعل الذواتي لا يبعد المعرفة العلمية عن الخطأ، وإن قدم ذلك أكبر عدد من الضمانات المنطقية، وتاريخ العلم حافل بالعبر، إذ إن الفرد الواحد قد يكون معه الحق في مقابل الجماعة.

ونظرا إلى أن التفاعل الذواتي يقوم على الذاتية وجب البحث عن أسس للموضوعية تكون خارج إطار هذا التفاعل. لكن أليس في الأمر نوع من التناقض في الربط بين الموضوعية والتفاعل الذواتي، وكذا النظرية والواقع عند المقابلة بين العبارات العلمية والوقائع؟ وذلك عندما يضاعف رائز الإبطال، سواء كان سلبيا أو مؤقتا، بإضافة عنصر تأييد يشهد على صدق مؤجل للنظرية؛ خاصة إذا كانت مشكلات هذه الأخيرة قد حلت ومع ذلك استمرت مقاومتها للروائز الأكثر صرامة.

هكذا ورغم تأكيد بوبر على ضرورة معيار الإبطال، وتتمينه بمبدإ التأييد، ثم ربطه للموضوعية بالتفاعل الذواتي، فإنه ملزم بقبول ما تفرضه حالة التطور العلمي في العصر الحاضر، حيث إن النظريات العلمية تتقابل أكثر فأكثر مع الواقع، كما لو أن الأمر يتعلق باعتراف بالحقيقة عن طريق الاقتراب منها تدريجيا بزيادة قدرة العلم على التفسير.

1 - معيار الإبطال :

بعد السيل الجارف من الانتقادات التي وجهها كارل بوبر إلى معيار التحقق والتأكيد وكذا للغة الفيزيائية واللغة الموحدة، كمعايير للفصل بين العلوم الحقة والعلوم الزائفة، التي أودت بحتف مذهب الوضعية سواء التقليدية أو المنطقية؛ كان على بوبر أن يقدم معيارا يؤشر إلى علمية النظريات، ويكون مصفاة لها وفي الوقت نفسه يتجاوز كل نقائص سابقيه. فإذا كان الوضعيون يعتمدون على الاستقراء في الحكم على علمية النظريات لأن أساسه الملاحظة والتجربة فإن بوبر ينفي وجود

أي نوع من الاستقراء، سواء كان منطقيا أو سيكولوجيا أو براجماتيا، ومن ثم يستحيل الحكم على علمية عبارة ما بالاستناد إلى أصلها، أي الملاحظة والتجريب، لأنه من العبث البحث عن أصل النظرية. وهو ما يعني أنه يرفض معيار المنطق الاستقرائي كمقياس لعلمية العلوم الطبيعية، ويضع مكانه معيار الإبطال[3] الذي يتغيا الفصل بين العلم الحق والعلم الزائف أو شبه العلم، يقول بوبر في ذلك: «بدأ عملي في فلسفة العلم منذ خريف 1919، حينما كان لي أول صراع مع المشكلة؛ متى نصف النظرية بأنها علمية ؟ وهل هناك معيار يحدد الطبيعة أو المنزلة العلمية لنظرية ما؟ لم تكن المسألة التي أقلقتني آنذاك هي متى تكون النظرية صادقة ومتى لا تكون مقبولة ؟ بل كانت مشكلتي شيئا مخالفا، إذ أردت أن أميز بين العلم والعلم الزائف، وأنا في تمام الوعي بأن العلم يخطئ كثيرا، والعلم الزائف قد يحدث أن تزل قدمه فوق الحقيقة»[4]. وإذا كانت العلوم الحقة هي تلك التي أبانت عن صمودها أمام الروائز والاختبارات، فإن العلوم الزائفة هي التي تدعي القدرة على الإخبار عن الواقع في حين أنها ليست كذلك، ويقصد بها بوبر بالخصوص نظريات كل من سيجموند فرويد وألفيد أدلر وكارل ماركس. وعموما يمكن استنتاج أمرين أساسيين من قول بوبر أعلاه: الأول هو إعلانه عن فشل معايير إقرار علمية العلوم الطبيعية، السابقة عليه، لأن غايتها كانت هي البحث عن الصدق وتمييزه عن الخطأ؛ وبالتالي سقطت في فخ تبرير النظريات عن طريق التحقق من صدقها؛ والثاني هو اعترافه بمحايثة الخطأ للنظريات العلمية، وهو ما يفترض في نظره البحث عن كيفية إقصاء هذا الخطأ من النسق العلمي. ولا يتم ذلك إلا بمعيار القابلية للإبطال، أي تكذيب افتراض الصدق التام للنظرية. يقول بوبر [1963: 39] إن معيار الإبطال هو: «محاولة لرسم خط بأفضل الطرق المستطاعة بين عبارات وأنساق عبارات العلم الطبيعي، وبين سائر العبارات الأخرى، سواء كانت دينية أو ميتافيزيقية أو عبارات علوم زائفة». هكذا تصبح الخاصية المميزة للعبارات العلمية هي إمكان إبطالها، وهي علامة على الطابع السلبي لهذا المنهج[5]، لكنه نفي نافع لأنه يؤدي إلى تجاوز الخطأ وتصحيحه في سيرورة لا تنتهي؛ وهو ما يؤكده قول بوبر: «يمكن لأخطائنا أن تكون مفيدة ...إني أزعم كذلك أن مجموع المعارف لا تتقدم إلا عبر تصحيح الأخطاء. إن ما يدعى اليوم «التغذية الراجعة السالبة» ليس سوى تطبيق للمنهج العام[6] الذي يتلخص في استخلاص التعاليم من الأخطاء: إنه منهج المحاولة والخطأ»[7]. ولتبيان الطابع السلبي لمعيار الإبطال في مقابل الطابع الإيجابي لمعيار التحقق تمكن المقارنة بين العبارتين الآتيتين:

1 - «ستمطر السماء غدا».

2 - «إما أن السماء ستمطر غدا أو لا تمطر».

فالعبارة الأولى قابلة للاختبار عند مجيء الغد، إذ يمكن التحقق منها إذا أمطرت السماء، وهذا هو تصور الاستقرائيين؛ غير أن كارل بوبر لا يرى علمية هذه العبارة في إمكان تحققها

بل في إمكان عدم تحققها، أي في إمكان ألا تمطر السماء، وهو ما يكافئ قابليتها للإبطال. أما العبارة الثانية فتمثل تحصيل حاصل لأنها لا تقدم أي مضمون إخباري، لأنها منطقيا تستوفي كل مجال القول إذ تفصل بين قضيتين متناقضتين؛ وبذلك فالعبارات التحصيلية تكون دائمة الصدق، أي صحيحة، لذا وجب استبعادها من القابلية للاختبار. وهو ما يعني أن الشروط الأولية التي يجب أن تستوفيها العبارات العلمية هي: أولا أن تكون قابلة للإبطال، ثانيا أن تتضمن محتوى إخباريا، ثالثا ألا تكون عبارات تحصيلية. وهكذا يمكن أن نضع تعريفا للعلم بناء على ما سلف باعتباره نسق العبارات القابلة للإبطال، التي لم يتم إبطالها بعد، والتي تخبر عن الواقع. يقول بوبر[1992: 41]: «إن ما يجعل النظرية أو العبارة علمية هو أنها بقدر ما تتحدث عن الواقع بقدر ما تكون قابلة للإبطال، وبقدر ما لا يمكن إبطالها بقدر ما لا تتحدث عن الواقع». ما يعني أن علامة علمية النظريات هو قابليتها للإبطال، وكأن الكذب والخطأ موجودان بالقوة في كل نظرية، وهو افتراض يؤسس لمعيار الفصل بين العلوم الدقيقة والعلوم الزائفة. بعبارة أوضح إن الإبطال يبث في القيمة العلمية للنظريات إذ يقصي الخاطئ منها من أجل تجاوزها إلى نظريات أكثر خصوبة وتطورا، ومن ثم فإن التكذيب يكون عن طريق اختبار تخمينات أو فروض أو حدوس(8) هي نفسها قابلة للإبطال. إن هذه العلاقة ما بين القابلية للإبطال والإبطال هي ما يرسم الصيرورة التقدمية للمعرفة العلمية، وكذا لتداخل الميتافيزيقا والعلم(9).

حاصل القول إن معيار الإبطال يقوم على فعل نفي في حين أن معيار التحقق يقوم على فعل الإثبات: أي نفي الصدق والصحة أو إثباتهما؛ كما أن معيار الإبطال يقوم على القابلية للاختبار مستعملا العبارات الأساسية، في حين يقوم التحقق على المطابقة مع الواقع بالاعتماد على الدلالة والمعنى وعبارات البروتوكول. فكيف يرتبط معيار الإبطال بالعبارات الأساسية؟

1-1: القابلية للإبطال(*) والعبارات الأساسية:

مادامت اللغة هي الوسيط بين الذات العارفة والموضوع المعروف، فإنها قد تكون أداة جزم خاطئة، كما قد تكون أداة جزم صحيح، ونظرا إلى أن العلم، وخاصة العلم التجريبي، يبني خطابه باللغة الطبيعية أو الصورية فقد اعتبر بوبر العبارات العلمية هي تلك التي تسمح بالبث في كذبها أو بطلانها، لأنها تتحدث عن الواقع الذي يمكن العودة إليه من أجل مقارنتها به. وبذلك تمثل العبارات الأساسية أسسا تجريبية يقوم عليها معيار الإبطال، لأنها تخبر عن أشياء معينة ذات أوصاف محددة بالزمان والمكان؛ إنها عبارات إحالية إلى موضوعات مادية تمكن ملاحظتها، وبالتالي رفض هذه العبارات أو قبولها، أي إسناد قيمة الكذب أو الصدق إليها.

(*) يستعمل بوبر [1963:195] مفهوم القابلية للإبطال بمعنيين: الأول منطقي خالص يكافئ معنى «المتسق»، بحيث لا يستنتج صدق النظرية من اتساقها، والثاني اختباري تجريبي غير مبطل تجريبيا، ويتكافأ مع معنى التوافق مع عبارة تجريبية ممكنة أو مع كل تجربة ممكنة. وهذا المعنى الثاني يعتمد بدوره على افتراضات وتحليلات منطقية.

وعلى هذا الأساس يكون للعبارات صورة القضايا الوجودية المحددة، في مقابل القضايا الوجودية غير المحددة، التي يعتبرها معيار الإبطال غير علمية، لأنها من دون مضمون إخباري مثل: «يوجد س في مكان وزمان ما». ولكي تتحول مثل هذه القضية إلى عبارة أساسية وجب ربطها بالشروط التي تحددها زمانيا ومكانيا. أما المبدأ الذي تقوم عليه فكرة العبارات الأساسية فهو العبارات الذرية التي وضعها برتراند راسل، التي أقام عليها لودفيك فيتجنشتاين فلسفته التحليلية، ومفاد هذه الفكرة أنه لو فتتنا العالم التجريبي إلى أقصى درجة ممكنة، أي إلى عدد لانهائي من الوقائع والأحداث، بحيث يكون كل حدث واقعا في لحظة من الزمان وموضعا من المكان، فيكون حاصل هذه الوقائع هو العالم التجريبي، ويكون هناك تقابل بين الوقائع والعبارات الذرية، أما ارتباطات العبارات الذرية فهو ما يمثل فئة العبارات الأساسية؛ أي مجموع العبارات الوجودية الممكن تصورها عن الواقع. ونظرا إلى أن الوقائع التجريبية منها الممكن ومنها المستحيل، أي منها الذي قد يحدث والذي لن يحدث، فإن فئة العبارات الأساسية ستكون، حسب بوبر [84 :1959]، كثيرة وغير متوافقة في ما بينها. ومن ثم فإن مهمة العالم هي محاولة رسم حدود وفواصل بين عبارات أساسية تعين الممكن الحدوث وبين أخرى تعين الممتنع الحدوث من أجل إقصاء الثانية، لأن إمكان الإبطال، في نظر بوبر [87 :1959]، «تعني إمكان الدخول في علاقات منطقية مع عبارات أساسية محتملة - أي من فئة كل العبارات الأساسية الممكنة - وإن هذا لهو المطلب الجوهري الأساسي لأنه متعلق بالصورة المنطقية للفرض»، كي يكون علميا. هكذا وبالاعتماد على فكرة العبارات الأساسية يمكن صياغة معيار الإبطال منطقيا كالآتي: «تكون النظرية تجريبية أو قابلة للإبطال إذا كانت تقسم بشكل دقيق كل العبارات الأساسية المحتملة إلى فئتين فرعيتين:

أ - فئة العبارات الأساسية التي تسمح بها النظرية لأنها متسقة معها. فئة العبارات الأساسية التي تستبعدها النظرية لأنها تناقضها والتي نسميها فئة المبطلات المحتملة[10]، وحدوثها يعني بطلان النظرية»[11]، ومن ثم لا تكون النظرية، في رأي بوبر علمية إلا إذا كانت فئة مبطلاتها المحتملة مجموعة غير فارغة؛. فالنظرية تجزم بإمكان بطلانها عن طريق الكشف عن مبطلاتها المحتملة، إذ تقر بأنها كاذبة من دون أن تقرر شيئا عن العبارات الأساسية التي تسمح بها النظرية، خاصة الجزم بصدقها. ويوضح بوبر هذا الأمر من خلال مثال القانون الكلي: «كل الكواكب تتحرك في مدار دائري». أي أن مجموع مواضع أي من الكواكب سيكون دائريا؛ وهو الأمر الذي يمكن توضيحه بسهولة من خلال أي مجموعة لا تتضمن أكثر من ثلاثة مواضع للكواكب. لكن كثيرا من العبارات الأساسية المسموح بها تتناقض في ما بينها. ويتضح هذا في جمعنا لمثالين من العبارات الأساسية مما سيناقض القانون في أغلب الحالات[12].

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

ولتوضيح العلاقة بين النظرية والعبارات الأساسية المحتملة والواقع التجريبي شبه ذلك بمساحة دائرية تمثل كل العبارات الأساسية الممكنة، حيث تدل أشعة الدائرة على الأحداث أو الوقائع الممكنة، ومن ثم يمثل اتساع شعاع، أو على الأقل قطاعا ضيقا من الدائرة، ملاحظة الحدث إذا استبعد من النظرية بسبب تنافيه معها؛ بحيث كلما زاد أو نقص اتساع القطاعات التي تستبعدها النظريات، كان لهذه الأخيرة عدد أكثر أو أقل من المبطلات المحتملة. وهكذا يتم تمثيل المبطلات الممكنة بقطاعات متنوعة الاتساع. حاصل القول إن كلا من معيار القابلية للإبطال، باعتباره تحققا من السمة العلمية للنظريات؛ ومعيار الإبطال، باعتباره تصادما للعبارات بالواقع التجريبي، يعتمدان على العبارات الأساسية للكشف عنهما. هكذا وانطلاقا من نقده للوضعية المنطقية ولتصورها لنظرية المعرفة، يستبدل بوبر مصطلح «العبارات الأساسية» بـ «الأسس التجريبية» من أجل تمييز تصوره عن المذهب الوضعي؛ وذلك لأن «الأسس التجريبية للعلم الموضوعي ليست ثابتة ولا مطلقة. فالعلم لا يقوم على أسس صخرية، بل إن البنيات الجريئة لنظرياته تبنى بشكل ما على مستنقع»[13]. ومن ثم تكون كل عبارة أساسية لها خاصية النظرية أو الفرضية حتى إن كانت على شاكلة أبسط عبارة مثل: «هذا كوب ماء»، التي لا يمكن التحقق منها بأي نوع من الملاحظة، والعلة في ذلك، وفق بوبر [1959: 94] أنه كلما أنجزنا فعل وصف لابد من أن نستعمل فيه أسماء أو رموزا أو مفاهيم عامة وكلية؛ وهذه تكاد تكافئ بين العبارات الأساسية العادية والقوانين العلمية الكلية من مثل قانون الجاذبية عند نيوتن. وهو الأمر الذي يضعنا أمام مشكلة جوهرية تتلخص في أننا نختبر الخاصية التجريبية، أي العلمية، للنظريات من العبارات الأساسية؛ لكن كيف نتأكد من الطابع التجريبي لهذه الأخيرة؟.قد يكون هذا السؤال من فضل الكلام ونفله بالنسبة إلى الوضعيين لاعتقادهم في قدرات الحواس، أي قدرة الإدراك الحسي على تلقي المعطيات التجريبية ثم التعبير عنها بشكل سليم في عبارات أساسية. بعبارة أوضح إن الملاحظة المجردة هي معيار التحقق من العبارات العلمية، والمطابقة مع الواقع هي معيار صدقها، ولا يشترط في هذه العبارات منطقيا سوى تعبيرها عن واقعة حدثت في زمان ومكان محددين. وبناء عليه تصبح لدى الوضعيين عبارات أساسية مقبولة هي عبارات ملاحظة وأخرى مرفوضة تناقض سابقتها.

فالتحقق من علمية النظريات العلمية، وفق الوضعيين، يتم عن طريق تفكيكها إلى عبارات أولية بسيطة تكون في علاقة مباشرة مع التجربة الحسية، فتصبح هذه الأخيرة هي الركيزة الأساسية للعلم التجريبي [14].

وقد حاول كارل بوبر تبكيت هذا التصور - أولا - انطلاقا من أنه يحمل تناقضا في ذاته، ذلك أن الجزم بأن المعطيات الحسية تسبق الأفكار والتأويلات، هو أمر نظري وليس معطى

حسيا، مما يدل على أن التخمينات أو الحدوس تسبق كل خبرة حسية، بل إن أبسط الوقائع التجريبية تكون دائما مؤولة على ضوء النظريات ومشبعة بها. لذلك يقول بوبر إن: «الملاحظات بل وعبارات الملاحظة والعبارات الناتجة عن الملاحظات هي دائما تأويلات لوقائع تمت ملاحظتها: إنها تأويلات تتم تحت ضوء النظريات. وهذا أحد الأسباب الرئيسة، بشكل مغالط، من السهل إيجاد تحققات للنظرية؛ ولذلك وجب اتخاذ موقف يتجلى في محاولة إبطالها»(15).

ثانيا إن عدم وجود قواعد لقبول أو رفض العبارات التجريبية أو عبارات البروتوكول يجعلها تلتبس بغيرها من العبارات، مما يسهل عملية تحصين أو إنقاذ أي نسق علمي أو أي نظرية معرضة للإقصاء أو الإبطال، بل إن توافر الشواهد الحسية، خاصة المرئية والسمعية، قد يزكي النظرية عوض أن يضعفها. وإذا ثبتت عدم جدوى عبارات البروتوكول في عملية الإبطال وجب التخلي عن التصور الوضعي الذي يجعل الإدراك الحسي المصدر الوحيد للمعرفة عامة والعلمية خاصة(16).

بقي أن نبين أن التصور الوضعي، عندما يسعى إلى تبرير عبارات العلم منطقيا، يكون ملزما بالتراجع إلى ما لانهاية بحثا عن نقطة ثابتة؛ مما يجعل هذا الاستدلال كذلك قائما على عبارات لغوية. وللخروج من هذا المأزق أو الدور يلجأ الوضعيون إلى تبرير العبارات العلمية بالإدراكات الحسية مما يسقطهم في نزعة سيكولوجية كما سلف الذكر. ولتلافي هذه الآفات التي تلحق العبارات الأساسية حاول بوبر الفصل بين الجانب السيكولوجي والجانب المنهجي المنطقي، أي التمييز بين معرفتنا واعتقاداتنا وشعورنا ووعينا باعتبارها مواضيع لعلم النفس، وبين العلاقات الموضوعية بين أنساق العبارات العلمية؛ ومن ثم يغدو سؤال الإبيستمولوجي هو: كيف يمكن اختبار العبارات العلمية الأساسية بالاعتماد على نتائجها الاستنباطية؟ أو لنقل أي نوع من النتائج الضرورية ننتقيه ليكون بدوره قابلا للاختبار البين ذاتي؟ نستخلص مما سلف أن كارل بوبر يعتمد الاستنباط عوضا عن الاستقراء، وهو الأمر الذي يسمح له بترميز أو صورنة منهجه على شكل صياغات منطقية مما يجعل عمل الإبيستمولوجي عملا موضوعيا صرفا. لكن ما هي أنجع وسيلة وأكمل صورة لنقد النظريات والفروض؟ يجيب بوبر[1959 :99] أن السبيل الوحيد للتأكد من صحة ترابط الأدلة المنطقية في استدلال علمي هو التحليل، أي تفكيكه إلى خطوات صغيرة، بسيطة وواضحة يسهل فحصها، ثم إعادة تركيبها عن طريق تحويل الجمل. فإذا أظهر أحد شكا في البرهان المنطقي طالبناه بتعيين موطن الخطأ في مراحل البرهان، أو إعادة امتحانها؛ فما عليه إلا أن يصوغ عبارة تناقض العبارة الموضوعة، وأن يعين التعليمات التي يجب اتباعها لإخضاعها للاختبارات، فإن هو فشل في ذلك أو عجز عدنا إلى مطالبته بإعادة النظر في التجربة بشكل أدق.

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

فإذا أضفنا إلى ما سلف الخاصية الآتية: «إن العبارة الجازمة التي لا يمكن أن تخضع لاختبارات نظرا إلى صورتها المنطقية يمكنها، في أحسن الأحوال، أن تلعب دور المثير في العلم: إذ يمكنها أن تقترح مشكلا». ومثل هذه العبارة يرجئ الحكم عليها - ظهر أن الطريقة نفسها التي تستعمل في التأكد من صحة الاستدلال المنطقي تستعمل كذلك في العلوم التجريبية مع إضافة التجربة الموضوعية. محصول القول إن منهج العلم عند بوبر هو الاستنباط، أي البدء من قضية كلية عامة هي النظرية التي يفترضها العالم لينزل منها بالاستنتاج، عبر مراحل الاختبار الاستنباطي، إلى الوقائع التجريبية إلى أن يصل إلى العبارات الأساسية التي يتخذ قرارا بالتوقف عندها؛ وذلك خوفا من التراجع إلى ما لانهاية. فإذا استحال على العلماء الاتفاق حول عبارات يتوقفون عندها دل ذلك على فشل اللغة كوسيلة للتواصل؛ ونظرا إلى أن الاختبار عملية علمية فإن التوقف عند عبارات أساسية يكون محض قرار يتم بناء على اعتبارات نظرية أولها أن نقبل العبارات الأساسية في سياق اختبار النظريات[17]. ثانيا أن يكون التوقف عند عبارات نوعية سهلة الاختبار[18]. وعموما فإن القرار بالتوقف هو الذي يحدد قبول العبارات الأساسية التي تتألف من قضايا جزئية، في حين أن الذي يبت قبول العبارات الكلية، أي النظريات، هو نتائج الاختبار وخاصة مبدأ قسوة الاختبار. ونظرا إلى أن القبول هنا محض قرار فإنه يكون مؤقتا مما يجعل النظرية قابلة للمراجعة، مادامت الروائز التي اجتازتها رهينة بالزمن والعلم الراهنين. وبذلك فالاستنباط هو الذي يجعل معيار الإبطال فعالا لأن طبيعة النظريات والقوانين العامة تكشف عن أفق لا نهائي، غير محدد بالزمان والمكان. ولا ننعت نظرية، في نظر بوبر، بأنها تجريبية إلا إذا سمحت لنا باستنباط قضايا مفردة أو شخصية، أي عبارات أساسية، منها لأن هذه الأخيرة يمكن مواجهتها بالواقع. وحيث إن كل عمليات الاستدلال تحتاج إلى شروط أولية، فإن عملية استنباط العبارات المفردة تحتاج هي كذلك إلى عبارات مفردة أخرى تمثل شروطا أولية، تملي علينا ما يجب أن نستبدل به متغيرات النظرية. ومخافة أن نخلط النظريات الطبيعية بعبارات تحصيل الحاصل أو القضايا التركيبية الميتافيزيقية، مثل: «لكل حدث علة» و«إن كارثة تقع الآن هنا»، إذ نستنتج منها أن «هذه الكارثة لها علة»[19]؛ يقترح بوبر [1959: 85] إضافة القاعدة الآتية: «يجب أن تسمح النظرية بأن نستنبط منها عبارات تجريبية مفردة أكثر من العبارات التي يمكن استنباطها من العبارات التجريبية التي تمثل الشروط الأولية بمفردها». فإذا سمحت النظرية باستنتاج العبارات المفردة أمكن مواجهتها بالواقع التجريبي، وبالتالي صارت قابلة للإبطال؛ لأن غاية العلم، في نظر بوبر، هي تحصيل نظريات سهلة الإبطال؛ عندئذ ترتبط هذه النظرية أيما ارتباط بعالمنا المتعين، الذي هو عالم خبرتنا الوحيد، من أجل تمييزه، في رأي بوبر [1959: 113] عن باقي العوالم الممكنة منطقيا بمنتهى الدقة العلمية الممكنة.

حاصل القول إن عملية الاستنباط تكشف عما تحمله النظرية من محتوى معرفي قد يتعلق بالواقع المادي وقد لا يتعلق به، ومن ثم فإن إمكان التصادم مع الواقع، أي الجزم بما قد لا يحدث في الواقع، هو ما يميز النظرية العلمية لأنه يبطلها، إنها قدرة النظرية على استبعاد بعض الحوادث المحتملة من الحدوث؛ وهذا هو الطابع السلبي لمنهج الإبطال، إذ كلما منعت النظرية أكثر كان مضمونها الإخباري أكبر، وبالتالي زادت قابليتها للإبطال.

1-1-1 : شروط العبارات الأساسية :

إن العبارات الأساسية عبارات ملاحظة تساعد على البث في قابلية النظرية للإبطال، أي الإقرار في تجريبيتها، وتساعد على تأكيد الفرضيات المبطلة من أجل إبطال النظرية؛ ولا يشترط في الفرضيات المبطلة درجة عالية من العمومية؛ إذ ليس من الضروري أن تكون عبارة كلية بالمعنى الدقيق، بحيث إذا رغبنا في إبطال العبارة «كل الغربان لونها أسود» أخضعنا هذه العبارة للاختبار البا بين ذاتي الذي يقول إن «هناك أسرة غربان لونها أبيض» في حديقة الحيوان بنيويورك، وهو أمر كاف لإبطالها. وهذا ما جعل بوبر يتجاوز نقائص تصور الوضعيين المناطقة لمفهوم العبارات الأساسية وعبارات البروتوكول، ويتضح ذلك جليا في الشروط التي سنها لهذه العبارات، وهي صنفان:

1 - **الشروط الصورية المنطقية:**

أ - لا يمكن استنتاج عبارة أساسية من عبارة كلية بغير شروط أولية، لأن العبارة الكلية وحدها لا تسمح بوقائع قابلة للملاحظة. وتكون الصورة المنطقية للعبارة الشخصية التي تستنتج من عبارة كلية خالصة كالآتي: «إذا وجدت س في المكان ك، لزم عن ذلك وجود بجعة بيضاء في المكان ك». أو «إما أن يوجد في المكان ك لا - بجعة، أو توجد بجعة بيضاء». وذلك لأن العبارتين «كل بجع أبيض» و«كل بجع أسود» لا تتناقضان بل تثبتان «لا وجود البجع»، وهذه عبارة لا يمكن ملاحظتها.

وهكذا فإن العبارة «كل بجع أبيض» لها نفس الصورة المنطقية للعبارة «لا يوجد بجع»، لأنها تكافئ «لا يوجد بجع غير أبيض». ومن ثم فإن العبارات التي نستنتجها من العبارات الكلية، بالمعنى الدقيق، لا تكون عبارات أساسية؛ لأن العبارة الوحيدة التي يمكن استنباطها من العبارة الكلية من دون شروط أولية هي عبارات تحصيل الحاصل، وهذه عبارات تمثيلية لا تنتمي إلى العبارات الأساسية، لأنها لا يمكن أن تلعب دور عبارات الاختبار أو المبطلات المحتملة مادامت غير محددة بالزمان والمكان؛ وهب أننا أسندنا إليها هذا الدور فإننا سنصبح أمام عدد لانهائي من حالات التحقق.

ومادام بإمكاننا أن نشتق عبارات تمثيلية من عبارات كلية، فإن نفيها يجب أن يكون مبطلات محتملة ومن ثم عبارات أساسية؛ في مقابل ذلك ستكون للعبارات التمثيلية صورة نفي العبارات الأساسية. أما نفي هذه الأخيرة فلا يكون عبارة أساسية بل عبارة تمثيلية لأنه

نفي للصورة المنطقية ذاتها. ويشير بوبر إلى أن العبارات الأساسية التي تقول أكثر إلى الحد الذي لا يمكن أن تكون مشتقة من القوانين الكلية وحدها، يكون لها محتوى إخباري أكبر من محتوى العبارات النافية لها، أي العبارات التمثيلية، مما يستلزم أن المضمون الإخباري للعبارات الأساسية يتجاوز احتماليتها المنطقية نظرا إلى أن احتمالية النفي أقوى من احتمالية الإثبات، في حين أن محتوى الإيجاب أكبر من محتوى النفي؛ وعليه وجب، وفق بوبر، إبداع نظريات أقل احتمالا لأنها أكثر معرفة وإخبارا.

ب - يرى بوبر [101 :1959] أنه يمكن لقضية كلية وعبارة أساسية أن يتناقضا في ما بينهما. ويتوقف هذا الشرط على إمكان اشتقاق نفي عبارة أساسية من النظرية التي تناقضها العبارة.

ويلزم عن الشرطين أ و ب أن العبارة الأساسية لابد من أن تكون لها صورة منطقية بحيث لا ينتج عن نفيها عبارة أساسية؛ ومن ثم فإن العبارات أو القضايا الكلية تتنافى مع القضايا الوجودية، ولها صور منطقية مختلفة. وهكذا فإن العبارتين «يوجد غراب في الحيز المكاني والزماني ك» و«لا يوجد غراب في الحيز المكاني والزماني ك» مختلفتان في صورتهما المنطقية وليس فقط اللسانية، لأن العبارات من شاكلة «يوجد شيء ما في الحيز ك» أو «الحدث س يحدث في الحيز ك» هي عبارات وجودية شخصية أو «عبارة شخصية: يوجد». حاصل القول إن صيغة العبارة الأساسية تكون في صورة العبارة الوجودية الشخصية، مما يعني أنها تستوفي الشرط أ؛ لأنه لا يمكن توليد عبارة وجودية شخصية من عبارة كلية بالمعنى الدقيق، أي من عبارة لا وجودية خالصة. كما تستجيب للشرط ب، لأنه بالإمكان اشتقاق عبارة وجودية بالمعنى الدقيق من كل عبارة شخصية، وذلك عن طريق حذف كل إحالة على المكان والزمان؛ لذا يقول بوبر [102 :1959]: «إن عبارة وجودية بالمعنى الدقيق يمكنها بالفعل مناقضة نظرية ما».

ج - إن حاصل الوصل بين عبارتين أساسيتين، غير متناقضتين، هو عبارة أساسية؛ هذا وإن كانت العبارة الأساسية ونفيها عبارتين أساسيتين. وقد نحصل أحيانا على عبارة أساسية بالجمع بين عبارة أساسية وأخرى من نوع آخر، كالعبارة الشخصية للاوجود؛ فمثلا إذا ربطنا بين العبارة الأساسية: «يوجد مؤشر في الموضع ك» ج، وبين العبارة الشخصية للاوجود - ب: «لا يوجد مؤشر متحرك في الموضع ك» حصلنا على: (ج $\wedge$ - ب) التي تكافئ العبارة الوجودية الشخصية: «يوجد مؤشر ساكن في الموضع ك»[20].

ويستخلص بوبر [102 :1959] مما سلف الخاصية الآتية: «إذا كان لدينا النظرية (ن) والشروط الأولية (ش) التي نستنبط منها التنبؤ (ب)، فإن العبارة (ش $\wedge$ - ب) ستكون مبطلا محتملا للنظرية، وبالتالي عبارة أساسية».

خلاصة القول إن العبارة الأساسية إما بسيطة وإما مركبة، وهما معا مقبولتان؛ الأولى تقبل بمحض قرار أو اتفاق، كما سلف الذكر، والثانية تقبل انطلاقا من قواعد التركيب الآتية:

1 - إن نفي العبارة الأساسية البسيطة أو الذرية ليس عبارة أساسية، لأنه نفي للصورة المنطقية نفسها، إذ يخلع النفي عن العبارة الأساسية صيغتها.

2 - يكون الوصل بين عبارتين أساسيتين غير متناقضتين.

3 - لا يقبل نفي العبارة الأساسية المركبة إذا كان نفيا لصورتها المنطقية.

4 - لا يؤدي التركيب بين عبارتين غير أساسيتين إلى عبارة أساسية.

5 - يمكن التركيب بين عبارة أساسية وأخرى شخصية للا وجود.

وتظهر أهمية التمييز بين نوعي العبارات البسيطة والمركبة في مقارنة تفاوت درجات قابلية النظريات للإبطال.

وإذا كان كارل بوبر يجزم بالطابع التجريبي للعبارات الأساسية، فإن العكس، في نظره، غير صحيح؛ ذلك أن العبارات التجريبية والعبارات القابلة للملاحظة ليست كلها عبارات أساسية، فمثلا العبارات الشرطية مثل: «إذا وجدت حشرة في الحجرة فإنها حشرة»، هي عبارة تجريبية قابلة للملاحظة، لكنها عبارة تمثيلية لأن صيغتها ليست لها الصورة المنطقية للعبارات الأساسية، ومن ثم لا تصلح اختبارا للنظريات.

كانت تلك هي الشروط الصورية للعبارات الأساسية، التي تستوفيها كل العبارات الوجودية الشخصية.

2 - **الشرط المادي التجريبي**:

ومفاده أن تتعلق العبارة الأساسية بحدث قابل للملاحظة، مما يسمح بإخضاع العبارات الأساسية لاختبارات ما بين ذواتية بواسطة الملاحظة؛ ومادام الأمر يتعلق بعبارات شخصية، فإن هذا المطلب لا يتعلق، وفق بوبر [1959: 102]، بالملاحظتين الموجودتين في المكان والزمان بشكل ملائم. والنظرية التي تقبل الخضوع لاختبارات ما بين ذواتية يمكنها كذلك الخضوع لاختبارات «ما بين حسية»، أي أن الاختبارات التي تعتمد على إدراك إحدى حواسنا يمكنها أن تعوض باختبارات تعتمد على حواس أخرى[21]، ومن ثم فإن تجريبية العبارات الأساسية تعني بت قيمة صدق وقائع قابلة للملاحظة في حيز مكاني وزماني ضيق بما فيه الكفاية.

هكذا تكون العبارات الأساسية هي التي تجزم بأن حدثا قابلا للملاحظة قد وقع في حيز خاص ومحدد من المكان والزمان. يقول بوبر [1959: 47] ملخصا ما سلف: «لا يوجد في العلم أي عبارات نهائية... لا تخضع للروائز وبالتالي لا يمكن إبطالها عن طريق إبطال بعض نتائجها التي نشتقها منها ... إننا نخضع أنساقا من النظريات لاختبارات عن طريق استنتاج عبارات منها، يكون مستوى عموميتها أدنى، وتجب مراقبة هذه العبارات بدورها بالطريقة نفسها، بما أنها يجب أن تكون قابلة للخضوع لروائز ما بين ذاتية؛ وهكذا إلى ما لانهاية».

بقي أن نشير إلى أن العبارات الاحتمالية غير قابلة للإبطال لأنها لا تستوفي شروط العبارات الأساسية.

1-2 - القابلية للإبطال والمحتوى المعرفي:

إذا كان الشرط الأساسي للعبارة الأساسية هو أن تكون تركيبية وبالتالي تصف واقعة، فمعنى ذلك أنها تحمل محتوى إخباريا وتجريبيا عن العالم المادي. بعبارة أوضح إن كل العبارات الأساسية القابلة للإبطال لها محتوى معرفي. فأي علاقة توجد بين القابلية للإبطال وبين المضمون المعرفي؟

يجيب بوبر أن النظرية العلمية كلما أخبرتنا أكثر كانت معرضة للإبطال والتكذيب أكثر، وبالتالي ارتفعت قابليتها للإبطال، معنى ذلك أن العلاقة بينهما هي علاقة تناسب طردي: إذ تزيد عمومية العبارة بزيادة محتواها الإخباري، وبالتالي تزيد قابليتها للإبطال. لذلك يعتبر بوبر علم الفيزياء العلم الأكثر قابلية للإبطال لأن عباراته أكثر عمومية.

إن زيادة المضمون الإخباري عن الواقع للنظرية معناها قدرتها على استبعاد بعض الوقائع المحتملة من الحدوث لذا يرى بوبر [1992 :41] أن النظرية كلما منعت أكثر أخبرتنا أكثر. ولتوضيح ذلك يسوق المثال الآتي: «يغلي الماء في درجة مائة حرارية»، وهي عبارة علمية يمكن مناقضتها بواقع لا يغلي فيه الماء في هذه الدرجة ومن ثم تبطل العبارة؛ خاصة أنها تمنع حدوث غليان الماء في أي درجة أخرى مثل °60 أو °80 أو °95.

وهب أننا أضفنا إلى هذه العبارة تخصيصا فأصبحت «يغلي الماء في درجة °100 حرارة في مستوى سطح البحر»، فإننا نكون أمام عبارة تقول أكثر لأنها تمنع أكثر، إذ تمنع بالإضافة إلى ما تمنعه العبارة الأصلية، غليان الماء في درجة °100 فوق سفح الجبل أو في هوة سحيقة، أي في أي مكان يزيد فيه أو ينقص الضغط الجوي عن سطح البحر. وبنفس الشاكلة إذا أضفنا إلى العبارة الثانية «في الأوعية المكشوفة» حصلنا على عبارة تخبر أكثر وتمنع أكثر لأنها تستبعد غليان الماء في درجة °100 فوق سطح البحر، أي في الأنابيب أو المراجل المغلقة مثلا.

حاصل القول إن العبارات العلمية كلما تضمنت إخبارا أكثر كانت قابليتها للإبطال أكبر، وهو ما يتوافق، وفق بوبر [1963 :219]، مع غاية العلم أي البحث عن محتوى إخباري عال.

وعموما فإن العبارات العلمية القابلة للإبطال تتضمن محتوى تجريبيا وآخر منطقيا، يشكلان ما يسمى المحتوى المعرفي أو الإخباري:

أ - **المحتوى التجريبي**: وهو فئة المبطلات التجريبية للنظرية، أي أنها مجموع العبارات الأساسية التي تستنبط من النظرية، والتي تبطل هذه الأخيرة إذا لم تحدث فعلا[22]. وذلك لأن فئة عبارات الملاحظة، أي العبارات الأساسية، لا تنقض النظرية التي تعين أو تكافئ محتواها التجريبي، ومن ثم فإن النظرية، وفق بوبر، تخبرنا عن الوقائع القابلة للملاحظة بقدر ما

تخبرنا عن الوقائع التي تستبعدها من مجالها لأنها لا تتوافق معها. إذن ففئة المبطلات المحتملة، أي العبارات الناتجة عن النظرية، هي ما يمثل محتواها التجريبي، وما يسمح بإبطالها. وهو ما يستلزم توافر محتوى تجريبي في كل نظرية علمية. وقد توصل بوبر إلى هذه الخاصية انطلاقا من ملاحظته أن تعريف المحتوى التجريبي بفئة المبطلات المحتملة للنظرية لا يكفي عند التطبيق العملي، لأن النظرية العامة لا تعطينا بمفردها عبارات أساسية تمثل محتواها التجريبي، إذ تحتاج إلى عبارات ملاحظة أخرى، ولتوضيح ذلك يقدم بوبر مثال العبارة الكلية الآتية: «كل الغربان سوداء»، التي تحتاج إلى عبارة وسيطة لكي تعطينا العبارة الأساسية: «يوجد غراب أسود الآن وهنا»، وهذه العبارة الوسيطة هي: «يوجد غراب الآن وهنا». كما أن العبارة الكلية الأصلية قد تسمح باستنتاج العبارة المنفية: «لا يوجد غراب أبيض الآن وهنا».

وهكذا فإن ما يسري على المحتوى الإخباري يسري كذلك على المحتوى التجريبي، إذ إن هذا الأخير يتزايد بتزايد درجة القابلية للإبطال؛ وبالتالي كلما منعت العبارة أخبرت أكثر عن الواقع التجريبي.

ب - **المحتوى المنطقي**: إن العلاقة بين العبارة الكلية العامة التي تمثل النظرية وبين العبارات الأساسية التي تشتق من النظرية، والتي لا تكون عبارات تحصيلية، هي ما يمثل المحتوى المنطقي، وهذا الأخير يقوم على مبدأ القابلية للاشتقاق أو الاستلزام المنطقي، وهو ما يرمز إليه بوبر [1959 :120] كالآتي: ب ⟵ ج (*)؛ أي أن المحتوى المنطقي للعبارة ب ≥ من المحتوى المنطقي لـ: ج إذا أمكن استنتاج ج من ب، وإذا كان الاستنباط متبادلا أي عبارة تشارطية « ⟷ » فإن ذلك يعني أن محتوى كل من ب و ج يكون متساويا. أما إذا أمكن استنباط ج من ب ولا- ب من ج، فإن فئة العبارات اللازمة عن ج تكون إحدى المجموعات الجزئية لفئة العبارات اللازمة عن ب؛ مما يعني أن ب تتضمن فئة من اللزومات، وبالتالي محتوى أكبر منطقيا أو قوة أكبر منطقية[23].

وهكذا ينتج عن تعريف بوبر للمحتوى التجريبي أن المقارنة بين المحتوى المنطقي والمحتوى التجريبي لعبارتين تؤدي إلى النتيجة نفسها، شرط ألا تتضمن هذه العبارات عناصر ميتافيزيقية. ويمكن تلخيص هذه المقارنة في الشروط الآتية:

أ- كل عبارتين متساويتين من حيث المحتوى المنطقي تتساويان بالضرورة من حيث المحتوى التجريبي:

$ع_1$ (م ن) = $ع_2$ (م ن) ⟵ $ع_1$ (م ج) ≤ $ع_2$ (م ج).

حيث ع ترمز للعبارة و(م ن) للمحتوى المنطقي و(م ج) للمحتوى التجريبي.

(*) حيث ⟵ جـ، يعني: ب تستلزم بالضرورة جـ، Entails، وهي عبارة تحصيلية صادقة منطقيا.

ب- إن العبارة ب، التي يكون محتواها المنطقي أكبر من محتوى ج، يكون بالضرورة محتواها التجريبي أكبر أو على الأقل متكافئا معه.

ع$_1$ (م ن) $>$ ع$_2$ (م ن) $\longleftarrow$ ع$_1$ (م ج) $\leq$ ع$_2$ (م ج).

ت - إذا كان المحتوى التجريبي للعبارة ب أكبر من محتوى ج، فإن محتواها المنطقي إما يكون أكبر وإما غير قابل للمقارنة.

ع$_1$ (م ج) $>$ ع$_2$ (م ج) $\longleftarrow$ ع$_1$ (م ن) $>$ ع$_2$ (م ن) أو غير قابل للمقارنة.

ونشير إلى أن كل المقارنات بين المحتويات التجريبية والمنطقية تؤدي إلى النتائج نفسها دائما؛ ومادامت أن العبارات العلمية لها محتوى تجريبي ومنطقي فإنها تتضمن محتوى صادقا[24]، حتى تلك التي تحتوي على عبارات كاذبة، يخضع للعلاقات السالفة الذكر نفسها؛ في حين أن عبارات تحصيل الحاصل لا يلزم عنها أي شيء يمكن أن يمثل فئة مبطلاتها المحتملة، لذا فهي عبارات من دون محتوى معرفي صادق.

ومن ثم فإن العلاقة بين المحتوى التجريبي والمحتوى المنطقي والمحتوى المعرفي أو الصدقي لنظريتين أو أكثر يكون في تناسب طردي، أي ذات اتجاه خطي؛ في حين أن العلاقة بين درجة غزارة المحتوى المعرفي ودرجة الاحتمالية، أي احتمالية صدق النظرية، يكون في تناسب عكسي؛ بحيث إذا كان المحتوى المعرفي أكبر كانت احتمالية الصدق أقل والعكس صحيح، ولتوضيح ذلك نضرب مثلا كالآتي:

أ - «ستمطر السماء يوم الجمعة».

ب - «سيكون الطقس جميلا يوم السبت».

وحيث الوصل بين أ وب يعطينا:

أب- «ستمطر السماء يوم الجمعة وسيكون الطقس جميلا يوم السبت».

فإن المحتوى الإخباري لـ : أب أكبر من موصوليها أ وب كل على حدة، لكن احتمالية صدق العبارة: أب أقل من احتمالية[25] صدق أ وب كل على حدة؛ وهو ما يمكن أن نرمز له بالقاعدة:

ث - م ع (أ) $\geq$ م ع (أب) $\leq$ م ع (ب). ومن ثم فإن:

ج - ح (أ) $\leq$ ح (أب) $\geq$ ح (ب).

إذن: ح (أب) $>$ ح (أ) و ح (أب) $>$ ح (ب). ص .

وهكذا يستنتج من الصياغات الخمس (أ. ب. ت. ث. ج) أنه كلما زاد المحتوى المعرفي والتجريبي والمنطقي قلت درجة احتمالية النظرية، وهذا المبدأ ينسجم مع اعتبار المحتوى المنطقي للعبارة هو فئة كل العبارات التي تلزم منطقيا عنها؛ وواضح أن هذا المبدأ يتناقض كليا مع الأصل الذي يقوم عليه الاستقراء والذي يطالب بأن تكون النظريات العلمية ذات احتمالية صدق أعلى[26]، وهو أصل غير مبرر، في نظر بوبر، لأنه بإمكان عبارة تجريبية وكاذبة أن تكون

لها درجة احتمالية عالية؛ في حين أن مبدأ بوبر يبرر تفضيله لمعيار الإبطال على معيار التحقق، لأنه كلما كانت احتمالية الصدق ضعيفة زادت احتمالية إبطال النظرية العلمية. كما أن مطالبة بوبر بعبارات ذات قدر عال من المضمون المعرفي معناها إقصاء العبارات الفارغة من المعرفة العلمية .

محصول القول إن هناك علاقة وطيدة بين المحتوى المعرفي واحتمالية صدق العبارات العلمية؛ وكذا درجة قابليتها للإبطال «مادامت درجة أدنى من الاحتمالية تعني درجة أعلى من احتمالية القابلية للإبطال، فإنه يلزم عن ذلك أن [بلوغ] درجة أعلى من القابلية للإبطال أو الاختبار هي إحدى غايات العلم - وبشكل أدق مثلها مثل غاية [بلوغ] درجة محتوى معرفي أكبر»[27]، والعلة في ذلك أن بوبر يعتبر كل نظرية أو فرضية علمية، قبل إبطالها، مجرد تخمينات أو حدوس.

وانطلاقا من هذه العلاقة بين المحتوى الإخباري للعبارة واحتمالية صدقها سينحت بوبر [1979 :48] مصطلحين يجمعان بينهما، وهما «محتوى الصدق» و«محتوى الكذب» ويمثل محتوى الصدق فئة العبارات الصادقة التي تلزم عن عبارة ما، ويكافئ محتوى الصدق التعبير الألماني: «هناك جانب من الصدق في قولك»[28] ونشير إلى أن كل العبارات لها محتوى صدق بما في ذلك العبارات الكاذبة، نظرا إلى أنه بإمكاننا استنتاج الصدق من الكذب وفق قواعد التقويم الصدقي لرابطي الشرط والفصل؛ وهكذا فإن عبارة كاذبة مثل: «يسقط المطر كل يوم أحد» تسمح باشتقاق عبارات صادقة مثل: «سقط المطر يوم الأحد الماضي». وهب أن ب عبارة كاذبة و ج عبارة صادقة فإن الجمع بينهما في عبارة فصلية (-ب V ج) يجعل هذه الأخيرة عبارة صادقة[29]؛ وهب أن العبارة: «سقط المطر اليوم في فاس» صادقة، فإن العبارة: «الشمس مشرقة اليوم في فاس» كاذبة. لكن هذه الأخيرة تسمح بأن نستنبط منها عن طريق قاعدة التضاد الدلالي عبارات صادقة مثل: «اليوم ليس هو البارحة» و«اليوم ليس هو غدا»... وهذه الإمكانية، أي استنتاج الصدق من الكذب، هي التي تهب الفروض العلمية خصوبتها حتى إن لم تكن صحيحة. أما محتوى الكذب فهو فئة العبارات الكاذبة التي يمكن استنباطها من العبارة. غير أن هذا المحتوى لا يعتبر، في نظر بوبر [1963 :233]، محتوى بالمعنى الدقيق بما أنه لا يتضمن أيا من العبارات الصادقة اللازمة عن العبارات الكاذبة التي تشكله، وإن كان بوبر [1979 :48] يعتبر إطلاق اسم فئة العبارات الكاذبة على محتوى الكذب فيه نوع من التجاوز لأنه لا يتصف بالخصائص المنطقية لمفهوم المحتوى، أو مفهوم تارسكي لفئة اللزومات وللنسق الاستنباطي؛ والعلة في ذلك أنه بإمكاننا استنتاج عبارة صادقة من أي عبارة كاذبة.

ويستنتج بوبر [1979 :49] مما سلف أن محتوى كذب عبارة ما هو: مضمون أو فئة اللزومات التي تمثل كل العبارات الناتجة عن العبارة، مما يجعل هذه الأخيرة لا تحتوي على أي عبارة صادقة.

محصول القول إن محتوى كذب العبارة الصادقة يكون مجموعة فارغة أو لنقل مساويا للصفر، أما محتوى صدق العبارة الكاذبة فلا يكون كذلك لأنه بإمكاننا، كما سلف الذكر، استنباط عبارة صادقة من أخرى كاذبة. ولعل هذا التناظر بين محتويي العبارات الكاذبة والصادقة هو الذي يعطي مشروعية لمعيار القابلية للإبطال، ذلك أن معيار التحقق قد يسقطنا في خطأ إمكان التحقق من عبارة صادقة مشتقة من عبارة كاذبة، وبالتالي نعتبر كل النظرية صادقة؛ وهو أمر فيه مغالطة. في حين أن معيار القابلية للإبطال يعتمد تحديد محتوى الكذب فيلزم عنه تكذيب النظرية؛ وذلك بناء على ارتباط المحتوى المنطقي، الذي ينتمي إليه محتوى الكذب، بالمحتوى التجريبي، الذي تنتمي إليه فئة المبطلات المحتملة.

وإذا كان الوضعيون يعتمدون في معيار التحقق على قيمتي الصدق والكذب وبالتالي على مبدأ الاحتمالية، في مقارنتهم المحتويات المعرفية، سواء المنطقية أو التجريبية؛ فإن بوبر يستبدل مفهوم رجحان الصدق أو مماثلة الصدق بمفهوم الاحتمال، وقد توصل بوبر [47: 1979] إلى مفهوم مماثلة الصدق هذا بالجمع بين مفهومي: «الصدق» لتارسكي، و«المحتوى المنطقي للعبارة»، أي فئة كل العبارات التي تنتج عنها منطقيا.

ويزيد ادعاء بوبر معقولية سيرورة النظريات العلمية التي تتسم بفعل التجاوز. إذ إن كل نظرية علمية جديدة هي إقصاء لجانب الخطأ والكذب في سابقتها، بحيث كلما أقصت النظرية الخطأ اقتربت من الصدق الذي هو مبتغى العلم. ومادام إقصاء الخطأ والكذب من فعل الإبطال فإن معيار القابلية للإبطال يكون هو محرك الاقتراب من الصدق أكثر فأكثر. وهذا الاقتراب هو بعينه رجحان الصدق. ولذلك فإن هذا الأخير يزيد، في نظر بوبر [48: 1979]، بزيادة محتوى الصدق وينقص بزيادة محتوى الكذب. وقد توصل بوبر إلى طبيعة الارتباط بين مفهومي المحتوى والصدق[30] من خلال ست حالات مقارنة بين النظريات من حيث محتواها، وهي:

1 - إن النظرية ن$_2$ تضع أحكاما أكثر دقة من ن$_1$. وهذه الأخيرة تقاوم اختبارات أكثر.

2 - إن ن$_2$ تأخذ في الاعتبار وتفسر وقائع أكثر من ن$_1$.

3 - إن ن$_2$ تصف أو تفسر الوقائع بشكل أكثر تفصيلا من ن$_1$.

4 - خضعت ن$_2$ بنجاح لاختبارات فشلت فيها ن$_1$.

5 - سمحت ن$_2$ باختبارات تجريبية جديدة لم تكن معروفة قبل إبداع النظرية، وقد اجتازت هذه الاختبارات بنجاح.

6 - تسمح ن$_2$ بتوحيد أو ربط مشكلات متنوعة لم يكن بينهما علاقة إلى ذلك الحين.

ويستخلص بوبر من هذا الجرد أن المحتوى التجريبي للنظرية ن$_2$ أكبر من ن$_1$، كما أن العبارات الصادقة التي يمكن اشتقاقها من ن$_2$ تكون أكثر من تلك التي يمكن اشتقاقها من ن$_1$؛

أما العبارات الكاذبة فتكون أقل. ونظرا إلى أن $ن_2$ أكبر من حيث المحتوى فإنها أكثر قابلية للإبطال[31]. فإذا اعتمدنا مقارنة محتوى صدق ومحتوى كذب نظريتين $ن_1$ و$ن_2$، فإنه بإمكاننا أن نقول إن $ن_2$ تشبه أو تماثل أكثر الصدق أو تتطابق أحسن مع الوقائع، من $ن_1$ إذ، وفقط إذا:

أ - كان مضمون صدق $ن_2$ أكبر من مضمون $ن_1$، من دون أن يكون الأمر نفسه بالنسبة إلى مضمون كذبها.

ب - وكان مضمون كذب $ن_1$ أكبر من مضمون $ن_2$، من دون أن يكون الشيء نفسه بالنسبة إلى مضمون صدقها.

وإذا افترضنا إمكان قياس المحتوى ومحتوى الصدق أمكننا وضع تعريف لقياس رجحان الصدق أو مماثلة الصدق كالآتي:

● ص ق (ب) = م ص (ب) = م ك (ب). حيث ترمز «ص ق» إلى قياس رجحان الصدق، و«م ص» لمحتوى الصدق، و«م ك» لمحتوى الكذب.

وعليه فإن م ص (ب) يزيد من دون أن يزيد م ك (ب)، كما أن هذا الأخير ينقص من دون أن ينقص م ك (ب).

ونظرا إلى أن مفهوم رجحان الصدق هو نوع من الاقتراب من الصدق عن طريق إقصاء الكذب فإنه يتلاءم بشكل كبير مع منهج المحاولة والخطأ، والذي نرمز إليه بـ: $مش_1$ ⟵ م ح ⟵ إ خ ⟵ $مش_2$. حيث ترمز «$مش_1$» للمشكلة الأولى و«م ح» لمحاولة الحل، و«إ خ» لاستبعاد الخطأ عن طريق الاختبار، و«$مش_2$» مشكلة جديدة تبرز من الحل المقترح... وهكذا. وقوام هذا المنهج هو القابلية للإبطال وبالتالي الإبطال، إذ إن كل تخمين أو افتراض هو عبارة عن اقتراح أو محاولة حل لمشكل موضوع، وحيث إن اليقين لا يحايث أي حل مقترح فلابد من أن يجتاز اختبارات قاسية من أجل إقصاء خطئه أو أخطائه. وهو ما يعني أن معياري القابلية للإبطال والقابلية للاختبار هما وجهان للعملة نفسها، أما نتيجتهما فهما السير نحو الصدق. ولنضرب الآن مثالا عن إبطال نظرية علمية[32].

قبل عرض بعض التجارب الحاسمة في إبطال نظريات علمية وجب التمييز بين إبطال فرضيات تجريبية، وأخرى نظرية. ولنبدأ أولا بإبطال فرضية تجريبية:

لقد كان أرسطو يعتقد أن الدم يتكون في الكبد من المواد الغذائية التي تم هضمها، ثم تنتقل من الكبد إلى القلب عن طريق الوريد الأجوف vena cava؛ ثم يتم ضخه من جديد عبر الشريان الأبهر وفروعه إلى أعضاء الجسم. وقد أضاف الفيزيائيان إيراسيستراتوس Erasistratus وهيروفيلوس Herophilus إلى نظرية أرسطو افتراض أنه عندما تحمل الأوردة الدم، تحمل الشرايين نوعا من الهواء أو روحا حيوية vital spirit، غير أن الفيزيائي الإغريقي جالينوس اكتشف أن الشرايين ليست أوعية للهواء لأنها

تحتوي على الدم. ويمكن أن نلخص نظرية جالينوس التي بقيت مقبولة إلى حدود القرن السادس عشر كالآتي:

أولا: يتركب الدم من المواد الغذائية في الكبد، بعضه يسير عبر العروق إلى أعضاء الجسم لتغذيتها، وأغلبه يمر عبر الوريد الأجوف إلى البطين الأيمن من القلب، وبعض الدم يضخ عبر الشريان الرئوي[33] في الرئتين لأجل تغذيتهما، وبعدهما ينتقل إلى بقية أعضاء الجسم. أما ما تبقى من الدم فيمر عبر الفاصل أو الحجاب Septum الذي يقسم القلب إلى بطينين. وهناك يختلط الدم بـ «الأرواح الحيوية» التي تتكون من الهواء الذي يأتي عبر الوريد الرئوي؛ الذي كان يعتقد أنه شريان آنذاك، وهذا الدم يسير عبر الشريان الأبهر Aorta إلى أجزاء الجسم.

ثانيا: كان يعتقد أنه لا توجد روابط بين الأوردة والشرايين، إذ إن الدم ينتقل من العروق إلى الشرايين عبر الفاصل.

ثالثا: إن الدم لا هو ساكن ولا هو يدور في العروق أو الشرايين لأنه أشبه بنهر صغير له آلاف المواضع التي يصب فيها[34].

غير أنه في القرن السادس عشر حدثت ثلاثة اكتشافات متنافية مع نظرية جالينوس:

أولا: في سنة 1543 توصل عالم التشريح فيسيليوس (André Vésale) إلى أنه «لا واحد من هذه الثقوب يدخل (على الأقل بناء على الحس) من البطين الأيمن إلى الأيسر؛ لذلك كنت مجبرا على الإعجاب بأفعال خالق الأشياء، إذ إن الدم عليه أن ينساب من البطين الأيمن إلى الأيسر عبر ممرات متحاشيا الرؤية»[35]، وهو ما يعني ببساطة أن تشريحه للفاصل جعله ينفي وجود ممر بين بطيني القلب.

ثانيا: في 1553 توصل سيرفيتيس إلى أن الدم يمر من الشريان الرئوي إلى الوريد الرئوي عبر الرئتين.

ثالثا: لاحظ فابريسيوس[36] نسق الصمامات في العروق، التي تمنح ممرات حرة للدم كي يمر إلى القلب، لكنها تمنعها من الجريان خارجه. وهكذا تم إبطال نظرية جالينوس بشأن الدورة الدموية مما ساعد ويليام هارفي على صياغة فرضية جديدة مفادها: «إن الدم في جسم الإنسان يدور من القلب، الذي يضخه عبر الشرايين، إلى العروق ثم يعود إلى القلب عبر الأوردة». فتوصل بالتجريب إلى أن الدم يمر عبر الأوردة إلى البطين الأيمن من القلب، ثم يضخ في الرئتين عبر الشرايين، فينتقل من الرئتين عبر العروق ليصب من جديد في القلب، ليسري في كل أجزاء الجسم عبر الشريان الأبهر، ثم يعود عبر الأوردة. وهو ما يعني أن الدم يجري عبر الأوردة والشرايين. وهكذا فإن فرضية ويليام هارفي تفسر أكثر وبشكل أدق ما كانت تدعي تفسيره نظرية جالينوس، وفي الوقت نفسه تناقضها. ما يعني أن النتائج المستنبطة من نظرية جالينوس(أي العبارات الأساسية التي تمثل المبطلات المحتملة) لم تتوافق

مع الاختبارات التجريبية، لذا كان من الضروري إبطالها وتعويضها بنظرية هارفي. فكانت هذه الأخيرة أغزر من حيث المحتوى المعرفي، وأكثر دقة وقوة على التفسير، إذ سمحت بإضافة معلومتين: الأولى هي أن القلب يضخ في الشرايين أكثر من كمية دم الجسم كله، في غضون نصف ساعة فقط. والثانية هي أن الدم الذي يضخ خارج القلب هو نفسه الذي يأتي إليه، وهو ما يفسر مصدر الكمية الهائلة للدم.

ونظرا إلى أن الأدوات المخبرية المتطورة لم تكن متوافرة لهارفي آنذاك، فقد لجأ إلى اختبار فرضيته بطريقة غير مباشرة[37]، وقد تم له ذلك عبر التجريب على الحيوانات؛ فوجد تأييدا لفرضيته في الأمور الآتية:

أ - يمكن للعضويات أن تنتشر في الجسم كله بمجرد أن تدخل إلى مجرى الدم.

ب - عندما يتم الضغط على اليد ينتفخ عرقها بالدم، وتفرغ من هذا الأخير عندما يتم الضغط على الشرايين.

وتعتبر أ و ب النتائج التي تلزم عن فرضية وليام هارفي، أو لنقل إنها عباراتها الأساسية التي يمكن مواجهتها بالواقع، ومادامت هذه تؤيدها التجربة فإن فرضية هارفي أقرب إلى الصدق من غيرها وبالتالي مقبولة؛ أما نظرية جالينوس فباطلة.

وهكذا فإن الاكتشافات الثلاثة هي التي أبطلت نظرية جالينوس، وفي الوقت نفسه أيدت نظرية هارفي. أما الذي أبطل نظرية جالينوس فهو عبارة الملاحظة، أي العبارة الشخصية المفردة: «إن الكبد لا تنتج الدم».

ولنأخذ الآن مثالا عن إبطال فرضية نظرية: «هب أن با هي مجموع العبارات التي نستنبطها من فرضية نظرية فا والتي يمكن اختبارها، وهب أن ب (تنتمي إلى با) كاذبة، فإنه ليس من الضروري أن ينتج عن ذلك كذب الفرضية فا». وهو ما يمكن أن نعتبره إحدى لحظات الاستدلال المسمى قاعدة النفي بالنفي (قاعدة الرفع) Modus Tollens[38] وترميزه:

- فا تستلزم با.
- لا - ب.
- إذن لا - فا.

غير أن مثل هذا الترميز يخفي كثيرا من الأمور التي تبين أن كذب ب لا يؤدي بالضرورة إلى تكذيب النظرية بأكملها. لذا يمكن صورنة بنية هذا الاستدلال الإبطالي كالآتي:

- [(جـ$_1$، جـ$_2$، ...جـ$_ن$) و فم] تستلزم با.
- ب كاذبة.
- إذن [(جـ$_1$، جـ$_2$ ...جـ$_ن$) و فم] كاذبة.

بحيث ترمز «جـ» إلى عبارات النظرية فا و«فم» للفرضيات المساعدة على الاستنباط.

ومعنى الاستدلال أنه إذا كذب الوصل، كانت، على الأقل، إحدى الموصولات كاذبة. أي واحدة على الأقل من عبارات «فم» أو «فا». أما إذا كانت با كاذبة فليس من الضروري أن تكذب النظرية[39]. وهكذا إذا كانت النظرية ن هي متوالية من العبارات الضرورية، وتم وضع فم وتكذيب با بعد استنباطها من النظرية؛ فإن النتيجة ستكون هي التخلي عن النظرية ن.

حاصل القول إن إبطال جـ أو با، التي تم اشتقاقها من الفرضية النظرية بمساعدة العبارات الثانوية «فم»، لا تستلزم إبطال الفرضية كلية، بل واحدة أو بعض من العبارات الأساسية في النظرية. في حين أن إبطال عبارات با يستلزم إبطال حاصل وصل العبارات المكونة للفرضية فا أو فم. معنى ذلك أنه لا وجود لعبارات ملاحظة، أو أي عبارات من نوع آخر، تؤدي إلى كذب نظرية ما؛ في حين يمكن لعبارات الملاحظة أن تؤدي إلى إبطال فرضية تجريبية[40].

فإذا تم إبطال النظرية، أو جزء منها، عن طريق العبارات الأساسية المستنبطة منها، اصطلح على ذلك بالضربة القاضية[41]؛ أما التجربة التي تحدد إن كانت ب، المرتبطة بالفرضية، صادقة، فتسمى التجربة الحاسمة[42]. وكمثال على النظريات التي أبطلتها التجربة الحاسمة نجد النظرية الجسيمية للضوء Corpuscular theory of light لإسحاق لنيوتن. يرى هذا الأخير أن الضوء يتكون من جسيمات تصدر عن مصادر الضوء، وهذه الجسيمات تخضع لقوانين حركة الأجسام التي وضعها نيوتن؛ فمثلا الجسيمات المكونة للماء تجذب تلك المكونة للضوء إذا كانت المسافة بينهما قصيرة. وهذه الخصائص تفسر سبب سير الضوء في خط مستقيم وسبب انعكاسه وانكساره في البلوريات المتوازية، وغيرها من الظواهر.

ومن نتائج نظرية نيوتن في الضوء أولا أن مؤشر انكسار الضوء، عندما ينتقل من وسيط إلى آخر، يساوي سرعة جسيم الضوء داخل الوسيط الذي يخترقه، مقسما على سرعة نفس الجسيم الموجود في الوسيط الذي يفارقه؛ ثانيا أن الضوء يسافر في الماء بسرعة أكبر من سرعته في الهواء.

يقول نيوتن: «في سنة 1666 أخذت زجاجة بلورية مثلثة من أجل استعمالها في محاولة تجريب ظاهرة الألوان المعروفة، ولأجل ذلك أظلمت غرفتي، وصنعت ثقبا في نافذتي لأترك قدرا ملائما من ضوء الشمس يدخل، ثم وضعت بلورة في مدخله كي ينكسر على الجدار المقابل. لقد كانت في البداية تسلية ممتعة أن أرى الألوان الحية والكثيفة تنتج من ذلك». وقد فسر نيوتن هذه التجربة كالآتي:

أ - أن الضوء الأبيض هو خليط من الجسيمات المختلفة.

ب - أن البلور يفصل هذه الجسيمات.

ت - أن الجسيمات المختلفة تنتمي إلى ألوان مختلفة.

ث - أن البلور يمارس قوة تؤدي إلى تفريق جسيمات الضوء.

فإذا أضفنا هذه الافتراضات إلى قوانين حركة الأجسام أصبحنا أمام النظرية الجسيمية للضوء؛ وهو ما يفسر علة سفر الضوء في حركة مستقيمة، كما يفسر لماذا ينكسر؛ فالانكسار يحدث لأن الضوء يصطدم بمادة تمارس قوة على الجسيمات لكي تغير اتجاهها، أما انعكاس الضوء في المرآة فراجع إلى كونه أشبه بكرة ترتد عندما تصطدم بحائط.

لقد اعتبرت بعض نتائج نظرية نيوتن هذه صادقة عن طريق الاختبارات المباشرة، غير أن افتراض: «أن سرعة الضوء تزداد في الماء لأن هذا الأخير يمارس قوة عليه فيغير اتجاهه». بقي معلق البرهان إلى حين اكتشاف مقياس لسرعة الضوء.

وبما أن النظرية الجسيمية تفسر الافتراضات السالفة، وبما أن العبارات الأساسية المشتقة منها قد أمكن اختبارها، فتأكد صدقها؛ فقد عزز ذلك تأكيد صدق النظرية. لكن بقي افتراض أن الضوء يسافر بسرعة أكبر في الماء منه في الهواء من دون تأكيد.

ولاختبار هذا الافتراض كان من الضروري انتظار اكتشاف سرعة الضوء ليتوصل ليون فوكو(*) إلى أن سرعة الضوء أقل في الماء منها في الهواء. وقد اعتقد البعض أن هذه التجربة قد قضت نهائيا على النظرية الجسيمية للضوء، وهو زعم تتقاسمه الصحة والخطأ[43]، فمادامت النظرية الجسيمية مكونة من عدد من الافتراضات، فقد وجب ترك واحدة منها أو أكثر بناء على تجربة فوكو. غير أن الافتراض الذي وجب تركه أو تعديله، لكي تصبح النظرية منسجمة مع تجربة فوكو، ليس هو: «يتكون الضوء من جسيمات»؛ لأن احتفاظنا بهذا الافتراض في النظرية المعدلة سيكافئها مع النظرية الأصلية. مادامت بقية الافتراضات، التي يمكن تركها أو تعديلها، تعتبر موضوعة ومقبولة؛ فإن تجربة فوكو قد مثلت ضربة قاضية للنظرية الجسيمية[44].

يرى الاصطلاحيون، وعلى رأسهم هنري بوانكرييه، أن فعل الإبطال مرتبط بالواقع وبالملاحظة، في حين أن النسق العلمي بناء منطقي نظري يعتمد لا على التجارب، بل على قوانا المنطقية، وإلا أضحى مجرد قواعد تكنولوجية، لأن هذه الأخيرة هي التي تعتمد على التجارب. إن النظرية العلمية أو القوانين العلمية لا تقبل لا التحقق ولا الإبطال[45]. لأنها في نظرهم مجرد أدوات منطقية متسقة وظيفتها تبسيط الظواهر المعقدة؛ ونظرا إلى احتمال وجود تناظر بينها وبين الواقع، خاصة إذا أضيفت إليها فروض أو تعريفات عينية، فإنه يصبح من الممكن التملص من الإبطال. وبالتالي القضاء، في نظر الاصطلاحيين، على معيار الفصل بين عبارات قابلة للتكذيب أي علمية، وأخرى غير قابلة للإبطال. وهو ما يعترف به بوبر [30 :1979] إذ يقول: «من الممكن دائما تجنب الإبطالات التجريبية، فقد كان دائما من الممكن «تحصين»[46] أي نظرية ضد النقد... لذا فقد انقدت إلى فكرة القواعد المنهجية، وإلى الأهمية القصوى للمقاربة النقدية؛ أي إلى مقاربة تجنب كل تحصين لنظرياتنا ضد الإبطال».

(*) Léon Foucault (1819-1868).

وهكذا يؤكد بوبر أنه لرد زعم الاصطلاحيين وجب التمييز بين وجهين لمعيار الإبطال: الأول منطقي ويتعلق بالعمليات المنطقية المعتمدة على العبارات الأساسية، والثاني منهجي ويتعلق بالعمليات أو الخطوات العملية، وبكيفية اتخاذ القرارات التي تحدد مصير النظرية، وهذه القرارات تكون في أغلب الأحيان مبهمة وملتبسة. مما يعني أن مأخذ الاصطلاحيين يتوجه إلى الجانب المنهجي من الإبطال؛ لذا يمكن رد اعتراضهم بقرار منهجي كذلك هو: «ألا نتبع أبدا منهج الاصطلاحيين». ويعزز بوبر [1959 :82] قراره هذا بوجهة نظر جون بليك J.Black في هذا المذهب؛ إذ يعتبره غير مفيد حين يقول: «إن التعديل اللطيف للظروف سوف يجعل أي فرض متسقا مع الظواهر، وهو أسلوب يشبع الخيال، لكنه لا يفيد في تقدم المعرفة». أما ما يفيد في ذلك فهو منهج المحاولة والخطأ عن طريق معيار الإبطال الذي يكشف عن مواطن الخطأ أو الكذب في النظرية العلمية فيقصيه ليتجاوزه إلى نظريات أو فرضيات أو تخمينات أكثر صوابا وأكثر اقترابا من الصدق.

وعموما فإن تحصين النظرية يتم باعتماد السبل الآتية: أولا تقديم افتراضات أو تعريفات عينية تتلافى مواطن الكذب؛ وثانيا بإنكار التجارب المفندة، أي النتائج التجريبية التي لا تلائم النظرية؛ وثالثا باعتبار النظرية غامضة كي لا تخضع للاختبار؛ وأخيرا بالتشكيك في نزاهة المجرب. باختصار قد يتم تحصين النظرية عن طريق وضع فرضية تنقص من قابليتها للإبطال، فتقويها لتصبح محصنة ضد الإبطال.

وهكذا يقترح بوبر لإضعاف سبل التحصين عند الاصطلاحيين، خاصة إدخالهم للفرضيات المساعدة من أجل فعل الإبطال والتكذيب[47]، تقييد هذه الفرضيات بقاعدة تبطل مفعولها وهي: «لا تقبل سوى الفرضيات التي لا تقلل من درجة القابلية للإبطال، بل أقبل تلك التي تزيد منها». وهو ما يقوي النظرية إذ يزيد من قدرتها على الاستبعاد والمنع. فنتمكن من تحصين معيار القابلية للإبطال من الفروض المساعدة التي قد تسمح للنظرية بالتملص من التكذيب، فينقلب الأمر على أصحابه إذ عوضا إضعاف معيار الإبطال يؤكده ويقويه، يقول بوبر [1992 :42] في ذلك: «إن السماح بالتحصين سيجعل كل نظرية غير قابلة للإبطال، لذا وجب استبعاد، على الأقل، بعض التحصينات. لكن لا نستبعد كل التحصينات، وكذلك ليس كل تلك التي تدخل الفرضيات العينية والمساعدة. إذ يمكن اعتبار ملاحظة حركة كوكب أورانوس تكذيبا لنظرية نيوتن»[48].

ويميز بوبر [1959:81-82] بين الفرضيات المساعدة Supplementary Hypothesis وهي التي يكون الدليل على صدقها بينة من خارج النسق، إذ تؤيدها أمور لم توضع الفرضية أصلا لتفسيرها؛ ويمكن اختبار هذا النوع من الفرضيات باستقلال عن النسق ككل. وبين الفرضيات العينية Ad Hoc Hypothesis، وهي التي توضع لتفسير ظاهرة أو حدث ما

بعينه، بحيث لا يكون لهذه الفرضيات ما يؤيدها سوى هذا الحدث أو الظاهرة؛ ويمكن اختباره بمعزل عن النسق ككل. ويوضع الفرض العيني من داخل النسق من أجل ملء موضع الخطأ الذي نتبينه في النظرية، مما يحصنها ضد الإبطال، فلا تغدو أي فائدة آنذاك لهذا المعيار. لذا يقترح البعض التمييز بين هذين النوعين من الفروض، مع التأكيد على قبول الفروض المساعدة ورفض العينية. وهو حل أبان تاريخ العلوم عدم صحته لأن كثيرا من الفرضيات العينية أضحت فرضيات مساعدة فتم اختبارها بشكل مستقل، بل وأحيانا كان اختبارا مبطلا لزم عنه التخلي عن فرضيات من أجل أخرى. مثال ذلك فرضية باولي فولفجانج(*) حول النوترينو Neutrino سنة 1931، إذ لم يكن يؤمن بأنه سيتوصل يوما ما إلى دليل مستقل عليه، لأن مثل هذا الدليل كان مستحيلا في عهده. لكن تطور المعرفة بالذرة حول فرضية باولي إلى فرضية مساعدة أمكن اختبارها بشكل مستقل.

ويضيف بوبر (49) قاعدة ثانية مفادها دعوة العالم إلى التسلح بالأمانة الفكرية، والجرأة، كي لا يخشى معرفة الأمور الجديدة التي قد تبطل المعارف القديمة، ويضرب لذلك مثالا بمن رفضوا النظر إلى تلسكوب جاليلي جاليليو خوفا من أن يتبينوا أنهم على خطأ. لأن مثل هذا الخوف قد يدفع بالعالم إلى تأويل الأدلة بشكل يجعلها تتوافق واعتقاداته، كما كانت حال فيثاغورس عند اكتشافه الأعداد غير المعقولة، وهو أمر يناقض أسس التفكير العلمي. وهكذا يرى بوبر [81 :1959] أن تحصين القابلية للإبطال من الفرضيات المساعدة، التي تسمح للنظرية بالتملص من الإبطال، يتم بقبول الفرضيات التي لا تقلل درجة القابلية للإبطال فقط؛ بحيث إن هذه الفرضية الجديدة تقوي النظرية باستبعادها أكثر ومنعها أكثر مما كانت تفعل من قبل. وبذلك يكون إدخال فرضية مساعدة جديدة هو محاولة لبناء نسق جديد، من المفروض أن يمثل تقدما في المعرفة بالعالم التجريبي.

إن أجمل ما يمكن أن نستخلصه من هذا الأمر هو دعوة بوبر إلى الإيمان بحركية النظريات العلمية بناء على تدافع بعضها ببعض، ومن ثم خضوعها للنقد والحجاج والمجادلة، سواء من طرف واضعها أو من طرف الآخرين، وهو ما يعني كذلك عدم التخلي بسهولة عن النظريات القائمة.

حاصل القول إن بوبر يحل مشكل تحصين النظريات العلمية عن طريق وضع قاعدة للفرضيات المساعدة، وهي عبارة عن مصفاة لهذه الفرضيات، وبذلك يرد الادعاء القائل بأن إمكان التملص من الإبطال يجعل مسألة تقسيم النظريات إلى أنساق قابلة للإبطال وأخرى غير قابلة لذلك أمرا مستحيلا؛ مما يعسر التمييز بينهما، فيصبح الحديث عن دور معيار القابلية للإبطال ومعيار الفصل من فضل الكلام ونفله. كما يضيف بوبر إلى قاعدة نبذ

(*) Pauli Wolfgang (1900-1958).

الفروض العينية والأخذ بالفرضيات المساعدة قاعدة «تسلح العالم بقدر من الأمانة الفكرية، وكذا من الجرأة على معرفة الجديد». وبذلك فإن النظريات العلمية، في نظر بوبر [1979 :360]، مهما بدت مؤيدة بشكل جيد، فإن لا واحدة منها تكون محصنة أو تعلو على النقد». وهو ما يلخصه برايان ماجي [1973 :17] قائلا: «إن الإبطال القاطع أمر ممكن التحقق منطقيا، لكنه مستحيل منهجيا، مما يعني أن بوبر بدائي على مستوى المنطق، ولكنه إبطالي سام على مستوى المنهج».

أما لاري لوضان [1987 :46] فيصنف كلا من كارل بوبر وإمري لاكاتوش ضمن التصور الكلاسيكي، بما أنهما يعتمدان، في إبطال النظريات، على أمرين هما: إما تصادم النظرية العلمية مع الواقع التجريبي، وإما تناقض النظرية مع لزوماتها المنطقية. وهو يبني حكمه هذا على قاعدة ديهام التي تقر بأن تضمن النظريات العلمية لمبطلات لا يلزم عنه تركها[50]، لأن حضور المبطلات لا يدل على العناد بين النظرية والواقع المادي. بل التشكيك في قدرتها على حل المشكلات. وهذا التشكيك يطال كل النظريات المتنافسة، مما يعني أن العلاقة بينها تناظرية، إذ تتقاسم الربح والخسارة. ومن ثم وجب التساؤل عن درجات التهديد المعرفي الذي تمثله مبطلات ما بالنسبة إلى نظرية معينة. لذا نضطر، في حالة إبطال (الخسارة) إحدى النظريات، إلى تعويضها بأخرى[51].

وعموما فقد قسم ل.لوضان المشكلات العلمية إلى صنفين: مشكلات تجريبية، اعتبرها مبطلات تجريبية (anomalies)؛ ومشكلات مفاهيمية، اعتبرها صعوبات. وهذه الأخيرة إما داخلية(عدم اتساق النظرية أو التباس مفاهيمها أو وقوعها في الدور)؛ وإما خارجية (التناقض بين نظرية مقبولة وأخرى ليست كذلك. وأهم الصعوبات التي تتولد عنها المشكلات المفاهيمية هي الصعوبات المعيارية، من مثل تقييم النظريات بناء على المنهج السائد. يقول ل. لوضان [1987 :75]: «كيف يمكنني القول بأن الميثودولوجيا هي أحد العوامل القوية في تقييم النظريات العلمية، وفي الوقت نفسه مصدر مهم للمشاكلات المفاهيمية؟». إن هذا الاستفهام يزول عندما نعلم، وفق لوضان، أن العديد من الدراسات كشفت عن الآثار الحاسمة للاختيارات المنهجية في تطور المعرفة العلمية أو توقفها أو تعثرها، في حقبة معينة من تاريخ العلوم. وهو ما حاولنا تبيانه من خلال عرض انتقادات بوبر للمنهج الاستقرائي، الذي مثل صعوبة وعائقا أمام التقدم العقلاني للمعرفة العلمية. لذا كان من الضروري التخلي عنه عوضا عن التخلي عن النظريات التي كانت تتنافى معه (الميكروفيزياء). فـ «إقصاء العناد بين نظرية ما والميثودولوجيا الناجمة عنها، هو وسيلة لتحسين قيمتها العلمية»[52].

حاصل القول إن تقدم المعرفة العلمية ينبني على مدى حل النظريات للمشكلات التي تعترضها، وكذا على تجاوزها المبطلات التجريبية والصعوبات المفاهيمية. وإن كان لوضان يعتبر هذه الأخيرة أكثر عقلانية من سابقتها، لأنه يصعب التخلي عن النظريات التي تتضمنها.

2 - درجات القابلية للإبطال :

إذا كان كارل بوبر قد حل مسألة كيفية إبطال النظريات أو الفرضيات العلمية، فإن إمكان وجود أكثر من فرضية أو نظرية حول الموضوع نفسه يضع مشكل الاختيار بينها. بمعنى آخر كيف نحدد درجات التفاوت بين النظريات العلمية باعتماد مستوى علمية الحلول المقترحة للمشكل، كما هي الحال بالنسبة إلى النظرية الجسيمية والنظرية التموجية حول ظاهرة الضوء؟ بل وكيف نختار بين الفروض المتنافسة، سواء تلك التي توصلنا إليها عن طريق التخمين أو بواسطة إبطال فرض سابق، خصوصا إذا كانت هذه الفروض تبدو قريبة من الصدق وقادرة على حل المشكل؟

يرى بوبر أن معيار الاختيار بين النظريات هو علو درجة قابليتها للإبطال، خاصة أن مبدأ رجحان الصدق يقر بعدم وجود تصديق أو تكذيب نهائي، لأن النظريات العلمية تتضمن جانبا من الصواب وآخر من الخطأ، والإبطال هو إقصاء لهذا الأخير. معنى ذلك أن مبدأ «القابلية للإبطال مسألة نسبية، أي مسألة درجات»؛ يقول في ذلك بوبر [1959: 108]: «إننا نختار النظرية التي تصمد أكثر في المنافسة مع بقية النظريات، تلك التي تبرهن، عبر الانتقاء الطبيعي، على أنها الأكثر تكيفا». يستنتج من هذا القول إن درجات القابلية للإبطال لها علاقة وطيدة أولا بنوعية الاختبارات التي تخضع لها، هل هي صارمة أم لا؟ وثانيا بصعوبة أو سهولة اجتيازها هذه الاختبارات. مما يجعل فعل تحديد درجات القابلية للإبطال فعلا منتميا إلى التقويم المنهجي للخصائص المنطقية للنظريات.

ويحدد كارل بوبر الخصائص العامة للنظريات القابلة للإبطال في ما يلي:

أ - أن تكون فئة مبطلاتها المحتملة مجموعة غير فارغة.

ب - أن تزداد قابلية النظرية للإبطال كلما زاد عدد مبطلاتها المحتملة.

ج - إذا استبعدت النظرية فئة أكبر من العبارات الأساسية، وضمت فئة أصغر منها؛ أي أن تتضمن محتوى تجريبيا أكبر لأنها تخبر أكثر عن التجربة.

د - أن تكون النظرية تبعا لما سلف أسهل في الإبطال، وهذه الخاصية هي إحدى غايات العلم النظري، وتتم سهولة الإبطال بتقليص عدد الوقائع التي تسمح بها النظرية، بحيث لا تسمح إلا بالوقائع التي توجد تجريبيا بالفعل، إذ يمكن ملاحظتها؛ فإذا أضيف تقليص إضافي للحد الأدنى لزم عن ذلك إبطال النظرية كليا عن طريق التجربة.

وهكذا يؤدي معيار القابلية للإبطال، حسب بوبر [1959: 113] إلى التمييز بدقة بين عالم خبرتنا وبين العوالم الممكنة.

ونظرا إلى أن المقارنة بين درجات قابلية النظريات للإبطال تتم بواسطة المقارنة بين فئات مبطلاتها المحتملة، وبما أن هذه عددها لا نهائي، في حين لا تستقيم المقارنة إلا بين فئات

متناهية، أي بين فئات الأحداث الممنوعة في النظرية، وهذه كذلك قد تكون لانهائية نظرا إلى إمكان الوصل بين حدث ممنوع وآخر ممنوع أو غير ممنوع، إذ في كلتا الحالتين يكون الحاصل حدثا ممنوعا.

وعليه سيلجأ كارل بوبر إلى ثلاث وسائل للمقارنة بين فئات الأحداث الممنوعة، سواء كانت نهائية أو لا نهائية، وبالتالي سيعطي معنى للمواد المعجمية المستعملة في المقارنة بين درجات الإبطال، ونعني بها «أكثر» و«أقل»؛ وهذه الوسائل هي مفاهيم: العدية والبعد وعلاقة الفئة بالفئة التحتية. وحيث إنه من الممكن أن نبرهن على أن فئات المبطلات الممكنة لها نفس العدد الأصلي في جميع النظريات فقد تخلى بوبر عن مفهوم العدية. أما مفهوم البعد في نظرية المجموعات فيميز بين فئات أو مجموعات من النقط وفق كثرة «علاقات تجاور» عناصرها، فتكون المجموعات ذات علاقات تجاور أكثر لها بعد أكبر. ومن ثم يمكن أن نستعمله في المقارنة بين درجات القابلية للإبطال، وما يجعل الأمر ممكنا هو أن حاصل الجمع بين عبارات أساسية هو عبارة أساسية كذلك، تكون درجة تركيبها أعلى من درجة العبارات المكونة لها. فإذا وضعنا هذه الدرجة من تركيب العبارات الأساسية في علاقة مع مفهوم البعد حصلنا على رائز لقياس درجة الإبطال، غير أن ما يجب استعماله ليس تركيب الأحداث الممنوعة بل المقبولة؛ لأن الأحداث الممنوعة من طرف نظرية ما يمكنها أن تصل أي درجة من التركيب، كما أن الأحداث المقبولة لا تكون كذلك إلا لأن درجة تركيبها ضعيفة بالقدر الذي لا يسمح لها بالتنافي مع النظرية.

غير أن بوبر يعتبر أن علاقة الفئة بالفئات التحتية هي أهم هذه الوسائل للمقارنة بين درجات القابلية للإبطال، ونعني بالفئات مجموع المبطلات الممكنة، أي الوقائع التي تمنعها النظرية؛ ولتوضيح ذلك يلجأ بوبر [1959: 115] إلى قاعدة وخاصية، تقول القاعدة: «هب أن كل عناصر الفئة ب هي نفسها عناصر الفئة جـ، بحيث إن ب هي فئة تحتية لـ: جـ (ب ⊃ جـ) فإما أن عناصر جـ هي عناصر ب كذلك، فتكون الفئتان متساويتين من حيث الما صدق، وإما أن بعض عناصر جـ ليست جزءا من ب، فتمثل هذه العناصر عندئذ «فئة الزائد» Difference class أو المتمم Complement لـ : ب بالنسبة إلى جـ، وب هي فئة تحتية خاصة لـ : جـ. وهو ما يمكن أن نلخصه في قولنا: «إن النظرية ن1 تكون أكثر قابلية للإبطال من النظرية $ن_2$ إذا كانت فئة مبطلات $ن_2$ مجرد فئة فرعية من فئة مبطلات $ن_1$» بحيث يكون بين النظريتين فئة فارق.

غير أن هذه القاعدة لا تكون صحيحة إلا في حالة دخول فئتي المبطلات المحتملة في علاقة تضمن، وهو ما يعبر عنه بوبر [1959: 115] كالآتي: «إذا حدث أن كانت فئتان من المبطلات الممكنة في علاقة تقاطع من دون أن تتضمن إحداهما الأخرى، أو من دون أن تكون بينهما عناصر مشتركة، فإنه يستحيل مقارنة درجة قابلية إبطال النظريتين المعنيتين بالأمر عن

طريق علاقة الفئة بالفئة الفرعية».

وبناء على القاعدة السابقة يمكن وضع قواعد فرعية تخص المقارنة بين درجات إبطال العبارات أو الفروض أو النظريات، وهي:

1 - «تكون قابلية العبارة $ع_1$ للإبطال أكبر من قابلية العبارة $ع_2$، إفا، كانت فئة المبطلات المحتملة لـ: $ع_1$ تتضمن فئة المبطلات المحتملة لـ: $ع_2$ كفئة فرعية». وهو ما يمكن أن نرمز له بـ:

ق إ($ع_1$) > ق إ($ع_2$). حيث «ق إ» ترمز إلى القابلية للإبطال.

وتبعا للقاعدة1 ستكون دائما هناك فئة متممة غير فارغة. أما في حالة العبارات الكلية فإن فئة المتمم تكون لا نهائية؛ مما يعني أن نظريتين عامتين لا يمكنهما أن تختلفا من حيث إن إحداهما تمنع عددا محدودا من الوقائع التي تسمح بها الأخرى.

2 - «إذا كانت فئتا المبطلات المحتملة للعبارتين $ع_1$ و$ع_2$ متكافئتين، فإن العبارتين يكون لهما نفس درجة القابلية للإبطال». وترميز هذه القاعدة هو:

ق إ($ع_1$) = ق إ($ع_2$).

وتبعا للقاعدة (2) لا توجد سوى فئة فارغة واحدة، فإذا رمزنا إلى عبارة تجريبية بـ: «ع» ولتحصيلية أو ميتافيزيقية بـ: «ت» أو «م»، أمكننا أن نسند للعبارات التحصيلية والميتافيزيقية درجة الصفر من القابلية للإبطال؛ وهو ما نرمز إليه كالآتي:

'2 - ق إ(ت) = ق إ(م) = 0، وق إ(ع) >0.

أما العبارات المتناقضة : ض، ففئة مبطلاتها المحتملة هي فئة كل العبارات الأساسية الممكنة منطقيا. وهو ما يلزم عنه أن أي عبارة يمكن مقارنتها بالعبارة المتناقضة بناء على درجة قابليتها للإبطال. وهو ما نرمز له:

"2 - ق إ(ض) > ق إ(ع) > 0.

'"2 - وهب أن ق إ(ض) =1، وأن ق إ(ت) = ق إ(م) =0،

فإن ق إ(ع) > 0 ⟵ 1 > ق إ(ع) > 0.

٣ - إذا لم توجد علاقة تضمن بين فئتي المبطلات المحتملة لعبارتين، فإنه يستحيل المقارنة بين قابليتهما للإبطال: ق إ($ع_1$)//ق إ($ع_2$).

حاصل القول إن النظريات العلمية أو الفروض النظرية القابلة للإبطال تستبعد العبارات المتناقضة أو التحصيلية وكذا الميتافيزيقية، ويشترط فيها التماسك والقابلية للإبطال. كما أن العبارات العلمية التجريبية تقع من حيث درجة قابليتها للإبطال بين الواحد والصفر، أي بين العبارات التحصيلية والميتافيزيقية، وهو ما يعني أن العبارات العلمية ليست يقينية بل توجد في موقع بين اليقين والاستحالة؛ وهذا التصور يناقض مفهوم الوضعيين والاستقرائيين الذين يؤمنون بيقينية القضايا العلمية الكلية[53].

بعد هذا يتساءل بوبر عن إمكان وضع سلم تدرجي لمراتب القابلية للإبطال، أي وضع العبارات العلمية في تسلسل عددي وفق درجات قابليتها للإبطال؛ لكنه يقر باستحالة ذلك لأن الأمر يتطلب قاعدة قياس اعتباطية وذات طابع يتجاوز المنطق، كما يتطلب المقارنة بين عبارات لا تقبل المقارنة. غير أن هذا لا يمنع من تعيين رقم لعبارة ما بشكل اعتباطي، بحيث تكون العبارة الأقرب من التناقض(ض) ذات رقم أعلى من العبارة الأقرب من تحصيل الحاصل (ت) وذلك تبعا للقواعد الثلاث السالفة الذكر.

وتبدو أهمية هذا الترقيم، في نظر بوبر [1959 :119]، في توضيحه للعلاقة بين درجة القابلية للإبطال وبين مفهوم الاحتمال، بحيث كلما أمكننا المقارنة بين درجات قابلية عبارتين للإبطال، حكمنا على الأقل قابلية للإبطال بالأكثر احتمالية[54] نظرا إلى صورته المنطقية؛ إذ إن الاحتمالية المنطقية، التي تساوي 1، تقابل درجة القابلية للإبطال التي تساوي 0، والعكس صحيح.

وتجدر الإشارة إلى أن الخصائص أعلاه لا تخص مقارنة درجة قابلية العبارات الكلية أو الأنساق النظرية للإبطال فقط، بل كذلك العبارات الشخصية، كما هي الحال في الوصل بين النظريات وبين الشروط الأولية.

ونظرا إلى أن درجة القابلية للإبطال لها كذلك علاقة بالمحتوى التجريبي، أي بمدى إخبارها عن الواقع، وكذا بالعبارات التي تمنعها؛ فقد كان لزاما أن يبين بوبر كيف ترتبط درجة القابلية للإبطال بالمحتوى سواء التجريبي أو المنطقي، مع تبيان القواعد التي تحكمهما.

محصول القول إن النظرية ن$_1$ تكون ذات درجة قابلية للإبطال أو أكثر قدرة على اجتياز الاختبارات الصارمة، من النظرية ن$_2$ إذا كانت فئة مبطلات ن$_2$ مجرد فئة فرعية من مجموعة مبطلات ن$_1$. مما يعني أن ن$_1$ لها محتوى تجريبي ومنطقي أكبر من ن$_2$؛ إذ يمكن استنباط الثانية من الأولى.

وزيادة في توضيح مسألة المقارنة بين نظريتين يضيف بوبر مفهومي العمومية والدقة[55].إذ يرى أننا إذا أضفنا شرطين منهجيين هما: أعلى درجة من العمومية وأعلى درجة من الدقة الممكنة، حصلنا على الخاصية التالية: «يقابل كل درجة عليا من العمومية والدقة محتوى تجريبي ومنطقي أكبر، وبالتالي درجة أعلى من القابلية للإبطال». ومن ثم فإن العبارة الأكثر قابلية للإبطال هي الأكثر عمومية ودقة في التنبؤ. ولتبيان علاقة العمومية بالاستنباط وبدرجة القابلية للإبطال يسوق بوبر [1959 :122] المثال التالي: هب أن العبارات الأربعة (أ، ب، ج، د) قوانين طبيعية:

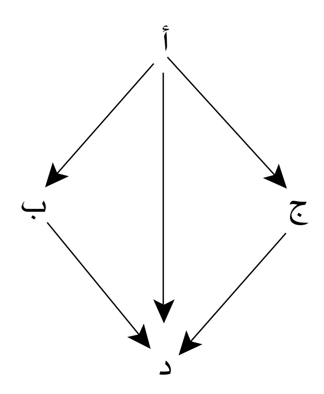
أ - كل مدارات الأجسام السماوية دوائر.

ب - كل مدارات الكواكب دوائر.

ج - كل مدارات الأجسام السماوية إهليلجية.

د - كل مدارات الكواكب إهليلجية.

ويمكن أن نضع خطاطة لعلاقات الاستنباط الكائنة بين هذه القوانين كالآتي:



بحيث إن كل العبارات تستنتج من (أ)، في حين نشتق (د) من (ب)، وكذلك من (ج)؛ ومن ثم فإن (د) تنتج عن كل العبارات الأخرى. فإذا انتقلنا من (أ) إلى (ب) نقصت درجة العمومية، لأن (ب) تقول أكثر مما تقوله (أ) بما أن مدارات الكواكب هي فئة فرعية من مدارات الأجسام السماوية التي تضم مدارات الكواكب والنجوم والتوابع معا؛ وبالتالي فإن (أ) أسهل إبطالا من (ب)، فإذا بطلت (ب) بطلت (أ) لكن العكس غير صحيح؛ لأن إبطال (أ) يحتاج إلى إثبات جسم سماوي لا يتحرك في مدار دائري، في حين أن إبطال (ب) يحتاج إلى إثبات ذلك على كوكب.

أما إذا انتقلنا من (أ) إلى (ج) فإن درجة دقة المحمول تقل لأن الدوائر تمثل فئة فرعية من الإهليلج، لذا ينتج عن إبطال (ج) إبطال (أ) لكن العكس غير صحيح. وهكذا كلما نزلنا من درجة أعلى إلى درجة سفلى من العمومية والدقة، قل المحتوى التجريبي وقلت درجة القابلية للإبطال والعكس صحيح.

وقد تسهل علينا أكثر المقارنة بين درجات عمومية ودقة هذه القوانين صياغة العبارات الكلية في صورة «عبارات شرطية»، فإذا رمزنا لها بـ :

(س) (ك(س) ⟵ ل (س)): أي «كل قيم س تحقق الدالة القضوية ك(س)، وتحقق كذلك الدالة القضوية ل (س)». فإذا أخذنا القانون (د) حصلنا على: «(س) حيث س مدار كواكب ⟵ س هو إهليلج» وهو ما يعني: «أيا كانت قيمة س، إذا كانت س مدار كواكب، فإن س هو إهليلج». وعلى المنوال نفسه يمكن أن نقول إن (أ) أكثر دقة من (ب) إذا كانت: «(س) (كـ أ (س) ل ب (س))» عبارة تحصيلية، أي إذا كان محمولها (أو الدالة القضوية التالية: لـ ب (س) لـ: (أ)) أكثر تقليصا من محمول (ب)، مما يعني أن محمول (أ) يشترط محمول (ب).

محصول القول هو القاعدة الآتية: «إذا أمكن مقارنة عمومية ودقة عبارتين، فإن الأقل عمومية ودقة يمكن أن يستنبط من الأكثر عمومية ودقة، ما عدا إذا كان أحدهما أكثر عمومية والآخر أكثر دقة، كما هي الحال بالنسبة إلى (ب) و(ج) في الخطاطة السابقة»[56].

وبذلك فإن العبارة (أ) ذات عمومية ودقة أكبر مما يجعلها أكثر سهولة في الإبطال من (ب)، أما فئة عباراتها الأساسية المسموح بها هي فئة فرعية من العبارات الأساسية التي تسمح بها (ب)؛ بحيث تكون علاقة التضمن، غير المنعكسة بين فئات العبارات المسموحة، هي عكس علاقة فئات العبارات الممنوعة(المبطلات المحتملة)؛ لذا فإن هاتين العلاقتين منعكستان أو لنقل متكاملتان. ويسمي بوبر [1959 :124] فئة العبارات التي تسمح بها عبارة ما: «مدى» العبارة.

وهكذا يستبدل بوبر مفهوم المدى بمفهوم الاحتمالية عند الوضعيين، إذ يمثل عنده نسبة الحرية التي تسمح بها العبارة للواقع. وتتجلى أهمية المدى في المساعدة على الإقرار في بطلان نظريتين متقاربتين من حيث نتائجهما التطبيقية، إلى حد يصعب معه تحديد أو حساب الفوارق بين الأحداث الملاحظة التي تحيلان إليها[57]، ومن ثم على النظرية أن تتوافر على أعلى درجة ممكنة من القابلية للإبطال، وعلى أضيق مدى ممكن، أي أن تكون درجة احتماليته ضعيفة ومحتواه التجريبي والمنطقي كبير.

على الرغم من أن المقارنة بين درجات القابلية للإبطال، على أساس علاقة الفئة بالفئة الفرعية، تكون فعالة وناجحة، فإن الأمر ليس كذلك دائما؛ فإذا كانت فعالة بالنسبة - مثلا - إلى مبدأ الإبعاد لباولي فولفجانج باعتباره فرضية مساعدة، إذ يزيد من درجة الدقة وبالتالي من درجة قابلية إبطال النظرية السابقة عليه أي النظرية الكوانطية: فحالات اللاتناظر تحدثها الإلكترونات، أما حالات التناظر فتحدثها الجسيمات، سواء تلك غير المحملة أو ذات الحمولات المتعددة.

أما بالنسبة إلى فرانك Frank [58] فإن بعض العبارات التي لها درجة عليا من العمومية، مثل مبدأ المحافظة على الطاقة في صيغة ماكس بلانك، فيمكنها أن تصبح عبارات تحصيلية فتفقد بذلك طبيعتها التجريبية، ما عدا إذا جرى تحديد الشروط الأولية عن طريق قياسات معينة. وبناء عليه يرى بوبر [1959: 127] أنه «كلما قلت القياسات التي وضعت من أجل تحديد الشروط الأولية، صغرت درجة تركيب العبارات الأساسية الكافية لإبطال النظرية».

محصول القول إن العبارات الأساسية المبطلة تتكون من الوصل بين الشروط الأولية ونفي التنبؤ المستنبط من النظرية؛ وهو ما يعني أننا ندخل في الحسبان درجة تأليف العبارات الأساسية. فينتج من ذلك أن المقارنة بين قابلية النظريات للإبطال تأخذ بعين الاعتبار الدرجة

الدنيا من التأليف في العبارة الأساسية حتى تناقض كل نظرية على حدة. لكن هذا يضطرنا إلى إيجاد وسيلة قياسية لمقارنة العبارات الأساسية بحيث تحدد درجة تركيب العبارات الأساسية والتي تتراوح بين تركيب عال وآخر أدنى؛ ونظرا إلى أن العبارات الأساسية كلها تتضمن أسماء كلية فإنه من الصعب التعرف على البسيطة منها. لذا يمكن اعتماد مبدأ اختيار عبارات أولية أو ذرية(59) ومنها نتوصل إلى عبارات أخرى عن طريق روابط منطقية من مثل الوصل والفصل والشرط. وهكذا يمكن أن نعرف فئة العبارات الأساسية الذرية بواسطة قاعدة توليد(60)، وهكذا يعرف بوبر [1959 :129] «المجال» أو «المدى» باعتباره فئة العبارات أو فئة تأليفاتها بحيث إن«ع- وحدة للمجال لتأليفات ن من العبارات المختلفة والذرية نسبيا لمجال ما. وتكون درجة تركيبه مساوية للعدد ن». وهو ما يمكن التعبير عنه كالآتي: «هب أن لدينا النظرية ن فإن مجال تطبيقها هو «المجال»، لذا علينا أن نجد العدد «د» المميز للنظرية ن بالنسبة إلى هذا المجال». والعدد المميز د هو مقياس عدد العبارات الشخصية التي ليس من الضروري أن تكون أساسية، والتي لا يمكنها أن تبطل النظرية ن. في حين يمكننا ذلك بالعدد «د+1 وحدة». بحيث إن كل عبارات المجال التي تكون درجة تركيبها أقل أو تساوي «د» تسمح بها النظرية فتكون منسجمة معها، بغض النظر عن محتواها. يمكن إذن، حسب بوبر، اعتبار العدد المميز أساسا للمقارنة بين النظريات؛ فإذا أضفنا له مفهوم مجال التطبيق أمكن تسميته بـ : «البعد»(61).

ونشير إلى أن «البعد» كمعيار لقياس درجتي قابلية نظريتين للإبطال يمكن أن يبت في مسألة الاختيار بينهما بطريقة معيار العلاقة بين الفئة والفئات الفرعية نفسها؛ غير أن هذين المعيارين يمكن ألا يطبقا أحيانا، أو يمكن لأحدهما ألا يكون فعالا، وإن كان إعمالهما معا لا يولد مشكلا، نظرا إلى أن نظريتين لهما أبعاد متساوية، يمكن أن تكون لهما درجات إبطالية مختلفة، إذا اعتمدنا مقياس علاقة الفئة بالفئات الفرعية فقط. عدا هذا فإن كلا المعيارين يؤديان إلى النتيجة نفسها(62).

بقي أن نشير إلى أن مفهوم مجال التطبيق لا يقتصر على العبارات الأساسية بل يتعداها إلى العبارات الشخصية، إذ يمكننا من تحديد درجة تأليف العبارات، بحيث إن العبارات الشخصية المؤلفة بدرجة عالية تناظر العبارات الأساسية المؤلفة بدرجة عالية، وبالتالي فالنظرية ذات البعد الأعلى تناظر النظرية التي لها فئة العبارات الأساسية ذات درجة تأليف أكبر، وهذا يناظر درجة القابلية للإبطال الأخس.

محصول القول إن درجة القابلية للإبطال ترتبط بعدة مفاهيم أو مقاييس هي على التوالي: أولا درجة القابلية للاختبار، وثانيا اتساع فئة المبطلات، وثالثا بمفهومي المدى والاحتمالية، ورابعا بمنهجي علاقة الفئة بفئاتها الفرعية وبعد النظرية ومجال تطبيقها، وخامسا بالمحتويين

التجريبي والمنطقي، وسادسا بعمومية ودقة العبارات، سابعا وأخيرا بدرجة تركيب العبارات الأساسية المبطلة.

ونورد الآن مثالا عن الاختيار بين نظريتين متنافستين حول تفسير الظاهرة نفسها، ونعني بهما النظرية الجسيمية والنظرية التموجية للضوء. ولنرمز إلى النظرية الأولى، باعتبارها فرضا تفسيريا لمجموعة ظواهر، بـ: فا$_1$ بحيث ينتج منها با$_1$، وفي مقابلها نجد فا$_2$ وينتج منها لا-با$_1$. وهب أن اختبار با$_1$ هو اختبار حاسم بالنسبة إلى كلتا النظريتين، فأيا كانت نتائج الاختبار فإن إحدى النظريتين ستبطل بالضرورة فتلغى، في حين ستؤيد الأخرى[63]، وهذه الأخيرة ستعد مقبولة. وقد كانت تجربة فوكو اختبارا حاسما بين النظرية الجسيمية لنيوتن والنظرية التموجية لكريستيان هويجنز[*]. وترى هذه الأخيرة أن الضوء يتكون من موجات تنتشر عبر الأثير، كما تشرح الظواهر العشر المتعلقة بالضوء. لكن من بين نتائجها أن الضوء يسافر بشكل أسرع في الهواء منه في الماء. وهكذا أدت تجربة ليون فوكو إلى إبطال نظرية نيوتن وتركها من أجل قبول النظرية التموجية. خلاصة القول إن التجربة والملاحظة يمكنهما إثبات بطلان النظرية وصدقها، في حين أن معيار التحقق لا يمكنه ذلك. لكن ما الذي يدفع البعض إلى اعتبار التجارب قادرة على البرهنة على يقينية وصدق نظرية ما؟ لعل الأمر يحدث كالآتي: إننا نقوم بإحصاء كل الفرضيات النظرية التي يمكنها أن تفسر متوالية من الظواهر، فإذا تبين أنها كلها خاطئة عن طريق التجربة، ماعدا واحدة، فإن هذه الأخيرة تعد يقينية[64] ومادامت النظريتان التموجية والجسيمية تستنفدان مجال القول في تفسير ظاهرة الضوء فقد استنتج البعض صدق وصحة النظرية التموجية من كذب النظرية الجسيمية.

2-1 : درجات القابلية للإبطال ومفهوم البساطة :

إن أهم نتائج القواعد السالفة الذكر حول درجات نفسها هي مسألة الاختيار بين النظريات التي تتعلق المتوالية نفسها من الظواهر، ونظرا إلى أن البساطة[65] هي معيار نزعة الاتفاقيين في اختيار النظريات، لأنهم يرون أن التجريب لا يحدد أي تجربة من دون غموض، فإنهم لا يربطون بين البساطة والإبطال، بل يجعلون البساطة مسألة جمالية وعملية أي نفعية. لذا يقر هنري بوانكرييه بأن الطبيعة جد معقدة، في حين أن القوانين التي تفسر ظواهر الطبيعة بسيطة وسهلة؛ ومن ثم يمكن الحديث عن بساطة النظرية وبساطة المفهوم وبساطة الوقائع، بحيث تكون مهمة العالم هي البحث عن أبسط هذه الأمور الثلاثة. وعليه فإن اختيار النظريات يحدث على أساس أبسط الاصطلاحات الممكنة. من الواضح أن مفهوم البساطة يقوم على مبدأ الاقتصاد في الفكر، لكن هذا لا يعفيه من السقوط في الدور؛ فحيث إن البساطة مرغوبة نلجأ لاختيار أبسط النظريات، ونختار أبسط النظريات لأن البساطة مرغوبة، لذا وجب البحث عن أساس إبستيمولوجي لمعيار البساطة وإلا ترك.

(*) Christiaan Huygens (1629-1695).

أما بوبر فلا يهتم ببساطة المفاهيم أو الاصطلاحات بل فقط بالقوانين والنظريات، لذا يتساءل عن المميزات المنطقية والإبيستمولوجية للقانون الأكثر بساطة. فيقر [1959 :137] بأن مسألة تفضيل البساطة في العلم قد تعود إما إلى اعتبارات جمالية أي النزوع نحو الرضا النفسي والانسجام الجمالي، وهو تقويم ذاتي؛ وإما إلى التسليم ببساطة الطبيعة، وهو أمر لا يقوم على برهان. ومن ثم وجب تأسيس مفهوم البساطة على البنية المنطقية للعالم فنكون أمام تصور موضوعي للبساطة. وبذلك يربط بوبر بين بساطة النظريات وسهولة إبطالها[66]، إن كانت خاطئة، خاصة إذا اعتمدنا المبطلات الممكنة للنظرية وكذا درجات تركيبها عوضا عن اعتماد الحالات التي تبرهن على النظرية. وهكذا فالنظريات ذات البعد الأقل[67] تكون أسهل في الإبطال، كما هي الحال بالنسبة إلى معادلة من الدرجة الأولى بالمقارنة مع معادلة من الدرجة الثانية.

محصول القول إن مفهوم البساطة يرتبط بمعيار القابلية للإبطال، وذلك لأن تفضيل العبارات البسيطة راجع إلى محتواها المعرفي لأنها تقول أكثر، ولأن مضمونها الاختباري أكبر، كما تخضع للروائز الاختبارية بشكل أسهل وأيسر. وليس فقط لأنها تستوفي شرط الاقتصاد في الفكر. وهو ما يمكن أن نلخصه في الخاصية الآتية: «كلما كانت النظرية أبسط كانت أكثر قابلية للإبطال».

كما يربط بوبر بين درجة عمومية نظرية ما ودرجة دقتها وبين درجة إبطالها، ويجعل العلاقة بينهما تناسبا طرديا، وذلك لأن العبارة العامة يمكنها أن تأخذ مكان عدة قضايا أقل عمومية منها، ولهذا اعتبرت عادة «أكثر بساطة»؛ وبناء عليه فإن الهندسة الإقليدية، باعتبارها بسيطة، قابلة للإبطال بدرجة عالية بالمقارنة مع الهندسات اللاإقليدية.

وفي مقابل البساطة يعرف بوبر [1959 :145] النسق المركب في أعلى درجاته باعتباره ذلك النسق الذي نسلم به كنسق تام، والذي قررنا إنقاذه كلما كان مهددا بإدخال فرضيات مساعدة. إذ تصبح آنذاك درجة قابلية النسق للإبطال هي صفر.

حاصل القول إننا نحكم على نظرية ما بأنها أبسط إذا كانت درجة قابليتها للإبطال أعلى، وذلك في مقابل باقي النظريات التي تنافسها في تفسير متوالية من الظواهر؛ غير أن صفة البساطة فيها لا تكون بإطلاقية.

2-2: معيار القابلية للإبطال والتأييد[68]:

تؤدي الاختبارات التجريبية وكذا الملاحظات إما إلى إبطال النظرية أو تأييدها، وما يسمح بذلك هو أن النظريات لا تكون دائما إما صادقة أو كاذبة، لأن مبدأ الاستقراء يؤكد أنها تكون محتملة الصحة، (أقرب إلى...) أو محتملة فقط، ومن ثم فإن تأييد النظرية مرتبط بمدى صمودها أمام الروائز، لأن صمودها دليل على تأييدها[69].

وهكذا فإن التجارب الجديدة يمكنها أن تؤدي إما إلى تطوير النظرية عن طريق تأييدها وإما إلى إبطالها. ومؤشر تأييد النظرية هو إمكان استنباط عبارات أساسية من النظرية

بحيث تكون هذه العبارات متطابقة مع الواقع، وبذلك يمكن أن نرادف بين تأييد النظرية وقبولها بناء على عدم وجود سبب لرفضها. إذ إن التأييد هو مدى صمود النظرية أو الفرضية أمام الروائز الاختبارية التي يضعها منهج الإبطال، بحيث كلما كانت الروائز قاسية وصارمة كانت درجة تأييد النظرية أعلى.

ويربط بوبر كذلك بين درجة التأييد والمحتوى المعرفي، إذ يرى أن النظرية الأكبر من حيث المحتوى المعرفي والأكثر جرأة في التفسير والتنبؤ، أي الأكثر قابلية للإبطال هي الأكثر صمودا أمام الاختبارات القاسية، وبالتالي هي التي تحوز درجة أعلى من التأييد.

وعموما فإن الربط بين الروائز والتأييد يفسر علاقة الفروض المتنافسة أو المتتالية بصدد نفس المشكل، ذلك أن الفرض الجديد عليه أن يحل المشكل بكفاءة ونجاعة أكثر، وأن يصمد أمام الاختبارات بشكل أحسن. وهذا التقويم بالأحسن يعني أن الفرضية الجديدة يمكن أن تحل محل سابقتها من دون أن تكذبها فقط، لأنها صمدت أمام اختبارات أقسى وأكثر صرامة.

خلاصة ما سلف أن النظريات تبطل بسبب نقصان يظهر فجأة في قانون كان مؤيدا أو مقبولا؛ لأن التجارب السابقة لا تمنح نتائج جديدة، في حين أن التجارب اللاحقة هي التي تبث في النظريات القديمة، فتحتفظ هذه الأخيرة بصحتها دائما باعتبارها حالة محدودة في النظرية الجديدة[70]. ويمكن صياغة مبدأ التأييد، وفق بوبر [1979 :18] كالآتي:

$<$ (ف$_1$، م ت) $<$ د (ف$_2$، م ت).

وهو ما يعني أن النظرية أو الفرضية ف2 لها درجة أعلى من التأييد من ف1 في ضوء مناقشة نقدية للفرضية التي تتضمن الاختبار في زمن محدد(ت)؛ لأن التأييد لا يعني إثباتا أو برهنة على صحة الفرضية بل فقط إعطاء مبرر لقبولها في الوقت الراهن، لذا فهو قبول مؤقت، مادام العلم يعيد النظر باستمرار في صحة فرضياته. وهو ما يجعل احتمال إبطال فرضية مؤيدة بدرجة عالية أمرا ممكنا، لأن ذلك ميزة القوانين العلمية عامة والطبيعية خاصة.

أما ربط بوبر لمعيار التأييد بالزمن الحاضر المؤقت فتتجلى أهميته في تجاوز التناقض الذي يسقط فيه الاستقراء، إذ إن إحصاء الحالات الخاصة التي تؤدي إلى حكم عام، وبالتالي إلى تعميم هذا الحكم على المستقبل؛ وهو الأمر الذي عارضه كل من بوبر وراسل وهيوم كما سلف الذكر، إذ كيف يمكن الانتقال من حالات اختبارات ماضية إلى اعتماد نظرية في المستقبل، مما يجعل نظرية الإبطال والتأييد تتجاوز هذا الإشكال.

ونظرا إلى أن مبدأ درجات التأييد جاء لدحض نظرية الاحتمال في الاستقراء، فقد لجأ بوبر إلى انتقاد محاولة هانز رايشنباخ تأويل احتمال الفرضيات العلمية باعتماد نظرية التوارد لاحتمال الوقائع والأحداث[71]. لأن الأولى جزء من مشكل احتمال العبارة، وهذا الأخير هو

احتمال الأحداث، أما ما ينتج عنها من اعتبارات الصدق والكذب فهي حدود قصوى لما بينهما. ذلك أن احتمال الفرضية، وفق رايشنباخ، يقاس بدرجة تردد وتواتر الصدق، إذ يمكن تحديد احتمال نظرية ما بطريقتين: إما بإحصاء عدد العبارات التي تنتمي إلى النظرية، والتي تقبل الخضوع لاختبارات تجريبية، وبالتالي تحديد درجة التواتر النسبي للعبارات التي تظهر صادقة، فنعتبر هذا التواتر النسبي مقياسا لاحتمالية النظرية. أما الطريقة الثانية فنعتبر وفقها النظرية عنصرا من فئة النظريات الأخرى المقترحة، وعلى هذا الأساس نحدد درجة التواتر النسبي داخل هذه الفئة. وقد أبان كارل بوبر أن هذا التصور ينتهي إلى تهافتات نظرية، بل يقودنا إلى نتائج تتناقض مع التصور الاستقرائي للاحتمال[72].

محصول القول إن مبدأ التأييد لا علاقة له إطلاقا بالاحتمال كما يتصوره الاستقرائيون، لأنه يشير إلى قوة الفرضية ذاتها بناء على مدى صمودها أمام الاختبارات الصارمة فتأسس بذلك معيار قبولها[73].

ونظرا إلى ارتباط مفهوم التأييد بالتقويم التقديري Appraisal، فإن ذلك يزيل كل اختلاف بين التأييد والاحتمال، خصوصا أن بوبر يرفض اعتبار الفرضيات عبارات «صادقة» لأنها مجرد تخمينات مؤقتة، وهذا لا يمكن التعبير عنه إلا عن طريق تقويم الفرضيات. وهو ما يجعل الانتقادات التي يوجهها إلى التصور الاستقرائي وإلى نظرية الاحتمال تنقلب عليه. غير أن بوبر [1959 :265] يرد هذا الاعتراض بقوله إن تقويم الفرضيات له طابع تحصيل الحاصل، إنه وصف عن طريق التشارح أو تأويل الإثبات بحيث لا تنتج القضايا الكلية، بالمعنى الدقيق، عبارات شخصية. كما أن هذا التقويم قد يمكن أن يستنتج من الوصل بين النظرية والعبارات الأساسية المقبولة، فتقر بعدم تناقض هذه العبارات الأساسية مع النظرية، وذلك بناء على درجة قابلية النظرية للاختبار وكذا صرامة الاختبارات التي خضعت لها في حدود زمن معين.

وهكذا فإن النظرية تكون مؤيدة مادام أنها تجتاز الاختبارات بنجاح، لأن التقويم الذي يقر بالتأييد (التقويم التأييدي) يخلق علاقات من مثل التلاؤم أو عدم التلاؤم بحيث تأول هذه الأخيرة كإبطال للنظرية، في حين أن علاقة التلاؤم لا تؤدي وحدها إلى تأييد النظرية بدرجة أعلى[74]، والعلة في ذلك أن عدم إبطال النظرية لا يكفي مادام يسهل بناء عدد من الأنساق النظرية المتلائمة مع أي نسق من العبارات الأساسية المقبولة.

غير أن درجة تأييد النظرية لا تتوقف فقط على إحصاء عدد الحالات التي تؤيد النظرية، بل تقوم بالأحرى على درجة صرامة الروائز التي تجتازها، وهذه الأخيرة تتوقف بدورها على درجة إمكان خضوعها إلى الروائز، مما يدل على بساطة الفرضية؛ ومن ثم فإن الفرضية الأكثر قابلية للإبطال هي الأكثر بساطة، وذات درجة أعلى من التأييد[75].

وزيادة في توضيح مفهوم تأييد النظريات والفرضيات يضع بوبر [268 :1959]مجموعة من الخاصيات كالآتي:

أ - لا يمكن دائما المقارنة بين درجات تأييد أو قابلية إبطال عبارتين.

ب - في إمكاننا الجزم بدرجات إيجابية وأخرى سلبية للتأييد، كما هي الحال في المقارنة بين نظريتي نيوتن وأينشتاين حول ظاهرة الجاذبية.

كما يضيف إلى هذه الخاصيات القواعد التالية:

أ - لا يمكن إسناد درجة إيجابية من التأييد لنظرية تم إبطالها باختبار تجريبي ما بين ذواتي مبني على فرضية مبطلة.

ب - في إمكاننا أن نسند درجة إيجابية من التأييد لنظرية أخرى، رغم أنها تتبع طريقة تفكير مماثل، كما هي الحال بالنسبة إلى نظرية الفوتون لآينشتاين في علاقتها بالنظرية الجسيمية للضوء عند نيوتن.

ت - إن الإبطال الذي يراقب مراقبة صحيحة، بشكل ما بين ذواتي، يكون إبطالا نهائيا.

ث - إن تقويم النظرية، الذي يتم بعد إضافة عبارات جديدة إلى العبارات المقبولة، يمكنه أن يستبدل درجة التأييد السلبي بالإيجابي، لكن العكس غير صحيح.

محصول القول إن العلاقة بين التحقق والإبطال علاقة لاتناظرية، لأن التحقق يقرر الصدق النهائي، في حين أن كل معايير وأفعال الإبطال تدل على تطور العلم واقترابه المتوالي والمستمر من الصدق. فتقويم درجة تأييد النظرية يقوم على اعتبار درجة الإبطال، فتزداد درجة تأييد النظرية كلما زاد عدد الحالات المؤيدة لها، مع الإشارة إلى أن الحالات المؤيدة الإضافية لا تعلي كثيرا من درجة تأييد النظرية المؤيدة سلفا، ماعدا إذا تعلق الأمر بمجال تطبيق جديد.

كما أن بوبر يربط بين درجة التأييد ودرجة عمومية وكلية العبارات، وكذا درجة دقتها؛ فيجعل العلاقة بينها علاقة تناسب طردي، في حين أن العلاقة غير ذلك بين التأييد والاحتمال، إذ يقر بوبر[76] بأننا نطلب الفرضيات البسيطة وذات محتوى تجريبي أكبر، ودرجة أعلى من القابلية للإبطال، وبالتالي ذات درجة تأييد أعلى؛ وهذه الخاصية الأخيرة تتوقف على صرامة الاختبارات، وإمكان خضوع الفرضيات لهذه الاختبارات، وهذه الإمكانية تكافئ لا احتمالية منطقية قوية، أي احتمالا منطقيا ضعيفا. لكن إذا أمكن مقارنة فرضيتين فا$_1$ وفا$_2$ بناء على محتواهما وبالتالي احتماليتهما المنطقية(المطلقة)، فإما أن الاحتمال المنطقي (المطلقة) لـ فا$_1$ سيكون أخس من فا$_2$، أيا كانت الحجة ح؛ وإما أن الاحتمالية المنطقية (النسبية) لـ فا$_1$ بناء على ح لا يمكنها إطلاقا تجاوز احتمالية فا$_2$ بناء على ح. وهكذا فإن الفرضية الأكثر خضوعا للروائز والأحسن تأييدا لا يمكنها أبدا أن تحرز احتمالا أقوى، بناء على الحجة المعطاة، من الفرضية الأقل خضوعا للروائز. ومعنى ذلك أن درجة التأييد لا يمكنها أن تكافئ الاحتمال.

ويرجع بوبر ربط الاستقرائيين للتأييد بالاحتمالية إلى رغبة المنطق الاستقرائي في جعل الفرضيات يقينية، لأن التجربة، في نظرهم، تبرر عباراتها؛ بمعنى أن محتوى النظرية يجب ألا يتجاوز ما تقره التجربة، لذا فشعارهم هو: «اختر دائما الفرضية الأكثر عينية»[77].

وهكذا يرى بوبر أن النظريات البسيطة، أي تلك التي لا تستعمل فرضيات ثانوية كثيرة، هي النظريات الأكثر قابلية للتأييد، نظرا إلى عدم احتماليتها المنطقية، أي أن لها مناسبات أكثر لكي تدخل في صراع مع العبارات الأساسية. ولهذا الغرض وضع بوبر مبدأين، الأول هو: «مبدأ التقتير في استعمال الفرضيات»، والثاني هو: «مبدأ تقليص عدد الأوليات والفرضيات الأساسية [78]. وتظهر أهمية هذا الأخير في ضرورة اختيار عبارات ذات مستوى مرتفع من العمومية، وكذا إمكان استنتاج، وبالتالي تفسير، نسق مركب له عدد كبير من الأوليات انطلاقا من نسق مكون من عدد أقل من الأوليات، وله مستوى مرتفع من العمومية.

خلاصة القول إن بوبر يتحاشى استعمال مفهوم الصدق لتحديد صحة النظرية لأنه مفهوم ملتبس كما أنه يسقطنا في مفهوم التحقق، وكذا لأن قيمتي الصدق والكذب مفاهيم منطقية مثلها مثل تحصيل الحاصل والروابط المنطقية، لا تهتم بالتغيرات التجريبية التي تلحق العالم التجريبي. ومن ثم فالفرق بين قيمة الصدق والتقويم «التأييد» يتجلى في أن الأول يكون في ذاته وبشكل دائم، وبالتالي لا يمكن تكذيبه؛ في حين أن العبارة المؤيدة تكون بالنسبة إلى نسق من العبارات الأساسية في سياق زمني محدد، كما أن قيم التأييد قد تتعدد وتتفاوت بالنسبة إلى نفس النظرية وتكون كلها قيم صادقة.

3-2: عدم قابلية الفلسفة والعلوم الزائفة للإبطال:

يقر بوبر أن معيار القابلية للإبطال هو حل لمشكلة التمييز أو الفصل بين العلوم من جهة والعلوم الزائفة والفلسفة من جهة ثانية إذ يقول [1963 :39]: «إن العبارات أو أنساق العبارات، لكي تحوز السمة العلمية لابد أن تكون قادرة على الدخول في صراع مع ملاحظات محتملة أو معقولة». معنى ذلك أن العلوم أو المعارف التي لا يمكن مواجهتها بالتجارب والوقائع، مثل التنجيم والتحليل النفسي لسيجموند فرويد، وعلم النفس الفردي لآلفريد آدلر، والسياسة والفلسفة... ليست علوما لأنها غير قابلة للإبطال. فلماذا لا تقبل الإبطال؟ وبالتالي كيف يمكن تقويمها؟ قبل الجواب عن هذه الأسئلة يمكن أن نذكّر أو لا بمشكلة الفصل هذه، وكذا بأسباب ظهورها، أي بمعيار الفصل عند الوضعيين.

تتلخص مشكلة التمييز بين العلوم الحقة والزائفة في الأسئلة الآتية: ما العلم؟ ما حدوده وأوصافه؟ هل يمكن وضع فرضية غير علمية لحل مشكلة علمية؟ يتضح من خلال هذه الأسئلة أنها تعيد أسئلة كانط الأساسية المتعلقة بنظرية المعرفة. ومن ثم يعتبرها بوبر المشكلة الأساسية التي تتفرع عنها باقي المشكلات في فلسفة العلوم، ذلك أن كل تعاريف العلم

لا تتوصل إلى تعريف جامع مانع له، إذ تخلطه بغيره من المجالات؛ فإذا اعتبرناه البحث عن الحقائق كانت الجاسوسية علما، وإذا اعتبرناه بناء نسقيا من المعلومات كانت شجرة العائلة علما، كما أننا إذا اعتبرناه نسقا من المعلومات المفيدة اشترك معه دليل الهاتف في التعريف، أما إذا اعتمدنا مجموعة من الأوصاف والخصائص مثل العمومية والموضوعية والتجريد والنسقية والصحة وجدنا أن كثيرا من المجالات المعرفية، خصوصا العلوم الزائفة تتصف بها مثل الماركسية والتحليل النفسي؛ ذلك لأنه من السهل الحصول على وقائع تؤيد أي نظرية، وبالتالي «فإن القوة البادية [النظريات فرويد ويونج وآدلر على شرح كل شيء]، في نظر بوبر [1963: 35]، هي في الواقع موطن ضعفها الحقيقي».

فالمشكل إذن هو أن النظرية قد تستطيع منع حدوث وقائع معينة، إن هي حدثت لزم عنها كذبها، لذا نحتاج إلى معيار الإبطال وليس إلى معيار التحقق؛ فإمكان تصادم النتائج المستنبطة من النظرية مع الوقائع الملاحظة الممكنة الحدوث منطقيا يكون دليلا على علمية النظرية، أي أن قابلية النظريات للإبطال هو الشاهد على علميتها، وعلى تميزها عن العلوم الزائفة وعن الميتافيزيقا وعن المنطق والرياضيات.

يشترك بوبر مع الوضعيين في اقتراح معيار للفصل بين العلوم التجريبية والعلوم الزائفة، غير أن غايتهما كانت متباينة: فقد سعت الوضعية من خلال معياري التحقق والمعنى إلى إقصاء الفلسفة، خصوصا الميتافيزيقا، في حين اكتفى بوبر بفعل التمييز بينهما ليعيد الأواصر بين العلم والفلسفة من خلال العديد من الأمثلة كالمثل الأفلاطونية والذرية الديموقراطية والأعداد الفيثاغورية والمقولات الكانطية التي لها، في نظر بوبر، أصول علمية تتوافق وحدود علوم عصرها. وبناء على هذا الاحترام لقيمة الفلسفة ينتقد بوبر تصور الوضعيين لها.

يعترف بوبر بأن نظرية الأنماط لبرتراند راسل كانت ومازالت وسيلة ناجعة لحل العديد من المفارقات مثل مفارقة الكذاب، ولعله لهذا السبب أقام عليها فيتجنشتاين والمذهب الوضعي قولهم إن المشكلات الفلسفية مبنية على مغالطات منطقية ناتجة عن سوء استعمال للغة[79]، لذا حدد فيتجنشتاين منهج الفلسفة في تبيان خلو القضايا الفلسفية من المعنى؛ خصوصا أن بعض الفلاسفة، في نظر بوبر[1963: 71]، يقولون لغوا مثل هيجل، ومن ثم فالفضل للوضعيين ولفيتجنشتاين في تبيان ذلك، وبالتالي زعزعة بنيانهم المرصوص؛ كما أن بعض الأفكار الميتافيزيقية قد أعاقت، في نظره، التقدم العلمي من مثل فكرة احتقار المادة عند أفلاطون، واعتبار الحس أداة للمعرفة عند الحسيين. غير أن بوبر يرفض النتيجة الحتمية للتصور الوضعي، أي قولهم إن الفلسفة قد طردت من كل المجالات المعرفية فلم يبق لها سوى العلوم المعيارية كالأخلاق والجمال، أو الميتافيزيقا والمنطق، وحيث إن الأولى مجرد انفعالات وجدانية والثانية من دون معنى فإن الفلسفة ملزمة بالاشتغال بالتحليل المنطقي للغة فقط.

ويرجع موقف الوضعية هذا من الفلسفة والميتافيزيقا إلى ملاحظتهم أن الرياضيات علوم دقيقة وصارمة، وأن الفلسفة غامضة وملتبسة؛ لذا قسموا القضايا أو العبارات إلى ما لها معنى وما ليس لها معنى؛ وهو تقسيم مستحيل، في نظر بوبر [1963: 71]، أولا لأن كل القضايا العلمية، خصوصا الكلاسيكية، تتضمن بعض القضايا الزائفة والخالية من المعنى، مما يعسر قصر «الخلو من المعنى» على القضايا الميتافيزيقية. وثانيا أن ما يبدو بالنسبة إلى وضعيين له معنى لا يكون دائما مطابقا لمبتغاهم، أي في مصلحة المعرفة العلمية، إذ نجد مثلا حساب التفاضل والتكامل[80] في بداية ظهوره كان يعتبر لغوا وتناقضات، وفق معايير فيتجنشتاين، وبالتالي كان من الضروري استبعاده، في حين فشل في نقده الوضعيون المعاصرون، رغم أن أصحاب التفاضل ينقصهم الكثير من الخصائص التي تشترطها الوضعية.

ونظرا إلى أن معيار التمييز عند الوضعيين يقوم على مبدأين هما الاستقراء والمعنى، بحيث يمثل الأول الضامن لعلمية العلوم الطبيعية؛ يقول في ذلك بوبر[1992: 79]: «لقد فهمت تماما لماذا حصنت بهذا الأحكام نظرية العلم الخاطئة، تلك التي سادت مند بيكون، والتي ترى أن العلوم الطبيعية هي العلوم الاستقرائية، وأن الاستقراء هو عملية تأسيس أو تبرير النظرية بوساطة ملاحظات أو تجارب متكررة، والسبب هو أن العلماء كان عليهم أن يميزوا أنشطتهم عن العلوم الزائفة أو أشباه العلوم، وبالمثل عن اللاهوت والميتافيزيقا، وقد أخذوا عن بيكون المنهج الاستقرائي كمعيار لتمييزهم». لذا استدل بوبر على فشل هذا المعيار وأثبت أنه خرافة مادامت أسسه متهافتة.

أما معيار المعنى عند الوضعية المنطقية، ومناظرتهم بين المعنى واللامعنى من جهة والعلم واللاعلم من جهة ثانية، وكذا حكمهم على الميتافزيقا باللغو لأنها لم تتقدم مثل العلوم، فقد أبان تهافته كذلك.

حاصل القول إن غاية الوضعية من اقتراح معاييرهم لتمييز المعرفة العلمية عن العلوم الزائفة هو رفض الميتافزيقا كمجال معرفي، وكذا تحجيم دور الفلسفة لاختزاله في التحليل اللغوي الذي دعى إليه فيتجنشتاين، لذا يرى بوبر [1963: 228] أن خطأ الوضعيين يرجع إلى رغبتهم الانتصار للعقلانية ضد الخرافة والسلطة المتعسفة باعتماد الأدلة الوضعية، أي التحقق ومعيار المعنى. كما أن بوبر يأخذ عليهم تخليهم عن النقد الذي يعتمده تحليلهم المنطقي للغة، والنقد عنده محمود، إذا لم يكن ممارسة للتحليل اللغوي من أجل التحليل اللغوي.

في مقابل هذا يعتبر بوبر الميتافيزيقا فرشة نظرية وتمهيدا للعلم، وبالتالي فهي إحدى حلقات سلسلة المعرفة، إذ الفرق الوحيد بين العلم والفلسفة، وفق بوبر، هو أن العلم قابل للإبطال من دون الفلسفة. فمشكلات هذه الأخيرة لا تكون لغوا إلا عندما تستعمل بالطريقة

التي يستعملها الوضعيون، أي قصرها على التحليل اللغوي للقضايا، فتتحول إلى ثرثرة وخلو من المعنى، يقول بوبر[1963 :72]: «إنهم يجرون الفلسفة إلى مستنقع المشكلات الزائفة والمتاهات اللفظية». وبذلك يرفض بوبر [1963 :73] اختزال مهمة الفلسفة في توضيح القضايا، كما يرفض مهمتها المنطقية أي علمنة الفلسفة، موضحا أن أسلوب حل المشكلات لا يؤثر البتة على طبيعة المجال المعرفي الذي تعمل فيه، فمشكلات الفيزياء قد تحل بأساليب رياضية خالصة من دون أن تتحول إلى رياضية، كما أنها قد تحل بعون المنطق دون أن تستدرج إلى علم المنطق؛ وبالمثل فإن حل المشكلات الفلسفية، وإن اعتمد أساليب أحد العلوم الحقة، ستظل مشكلات فلسفية. كما أن الزعم بأن المشكلات الواقعية التي تناقشها الفلسفة تمسخها إلى مشكلات علمية تقول فيه الكثير من الغلط، بل هو من قبيل الاعتقاد والوثوقية[81].

إن المشكلات الفلسفية، في نظر بوبر [1963 :72] حقيقية وأصيلة، ومن ثم لها جاذبيتها، ولها جذور علمية وأخرى اجتماعية ودينية وسياسية، فلا تكون زائفة إلا إذا فصلت عن هذه الجذور. أما وصل هذه الأخيرة فيتم بالإلمام بـ «الموقف - المشكلة» [82] كامل من أجل الكشف عن قيمتها المعرفية، «فكثير من نظرياتنا العلمية قد تطورت عن أساطير مرحلة ما قبل العلم، عن نظريات كانت في وقت ما غير قابلة للاختبار - أي لاعلمية أو ميتافيزيقية - فيمكن أن نتتبع تاريخ نظرية نيوتن إلى الوراء حتى أنكسمندر وهزيود، كما أن النظرية الذرية كانت غير قابلة للاختبار، أي أقرب إلى الميتافيزيقا، حتى سنة 1905 تقريبا»[83]. وهو ما يقر به بوبر [1963 :38] قائلا: «يمكن القول، من الناحية التاريخية، إن كل-أو تقريبا كل-النظريات العلمية صدرت عن الأساطير، وبالتالي فإن الأسطورة يمكن أن تتضمن بوادر نظريات علمية مثال ذلك نظرية التطور عن طريق المحاولة والخطأ لأنبادوقليس». فمثلا من أهم الأسئلة الفلسفية التي تحولت في العصر الحاضر إلى أساس للثورة العلمية، تساؤل الفلسفة اليونانية عن مبدأ فيزيائي وحيد يكون أصلا للوجود، ونعني به الذرة؛ إذ أقر ديموقريطس في القرن الخامس قبل الميلاد أن المادة الخام التي صنع منها العالم هي أجسام بسيطة، لامتناهية الصغر والعدد، وحركتها أبدية، يصطلح عليها بالذرات أي ما لا يقبل الانقسام، وهو الأمر الذي أكده ماندلييف.

كما أن نظرية طاليس في طفو الأرض على الماء، وفق بوبر، قد ألهمت بنظرية الجرف القاري؛ وقول أنكسمندر بالأبعاد المطلقة قد أوحى بالنظرية النسبية؛ كما أوحى أرسطارخوس لكل من كوبيرنيكوس وكيبلر وجاليلي بوقوف الأرض حرة في الفضاء؛ ولنيوتن بنظرية الجاذبية غير المرئية؛ كما أوحت فكرة الأعداد المقدسة لفيثاغورس لكيبلر بضرورة وجود قوانين رياضية تعبر عن النظام الفلكي.حاصل القول إن لا انفصام للعلم عن الفلسفة، وأن اعتبار مشكلات هذه الأخيرة لغوا هو نفسه لغو وخرافة، لأنه من السهل، وفق بوبر [1959 :51] إقناع الآخرين

بأن هذه المشكلة أو تلك فارغة من المعنى، إذ يكفينا فقط الاتفاق على معنى ضيق ومحدود لـ «المعنى»، وعلى أساسه نحكم على ما يخالفه أو لا يتلاءم معه بأنه خال من المعنى. لكل ذلك يستبدل بوبر معيار القابلية للإبطال بجميع معايير الوضعية؛ لأنه يشهد على أن النظرية القابلة للإبطال هي الأقدر على الشرح والأغزر من حيث مضمونها المعرفي والإخباري عن العالم الذي تصفه.

إن غاية اختبار النظريات العلمية هو تبيان خطئها، لأن النظرية تستلزم حكما خطأ، مما يعني أن كل الاختبارات التجريبية هي محاولات للإبطال، بحيث كلما صمدت النظرية للروائز كانت أكثر تأييدا، غير أن درجة تأييدها لا تساوي أبدا الاحتمال المنطقي. وإذا كانت هذه هي حال النظريات العلمية فإن النظريات الفلسفية ليست كذلك، لأنها غير قابلة للإبطال، خصوصا أن بعض النظريات تكون خاطئة، في نظر بوبر [1963 :195]، ومع ذلك تكون غير قابلة للإبطال؛ فكيف إذن تكون النظرية خاطئة من دون أن تقبل الإبطال؟ مادام ذلك يعني صدقها. إن العلة في ذلك، في اعتقاد بوبر، هو إمكان وجود نظريتين فلسفيتين متناقضتين وغير قابلتين للإبطال في نفس الوقت، كما أنهما قد تكونان غير صادقتين وغير قابلتين للإبطال في آن واحد. مما يلزم عنه أن عدم القابلية للإبطال لا يستلزم الصدق. وهو ما يدفعنا إلى تبكيت الخاصية التي تقول بإمكان استنتاج الصدق من عدم القابلية للإبطال في حين نقبل إمكان توافق الكذب مع عدم القابلية للإبطال.

وفي حالة عدم القابلية للإبطال المنطقي يرجع الأمر إلى أن كل عبارة اختبارية أو نفيها تكونان بالضرورة غير قابلتين للإبطال منطقيا. مثال ذلك العبارات الوجودية بالمعنى الدقيق والخالص من مثل: «توجد ماسة أكبر عشر مرات من الماسة ذات الحجم الأصغر منها مباشرة»، فلا تكون هذه العبارة قابلة للإبطال إلا إذا حددت في الزمان والمكان، فتتحول إلى عبارة وجودية محددة[84]. كما أنه من الممكن الاعتقاد في كذب العبارات من دون أن نتمكن من البرهنة على كذبها.

حاصل القول إن النظريات العلمية تستمد علميتها من قابليتها للإبطال عكس النظريات غير العلمية، سواء كانت فلسفية أو علوما زائفة، فإنها لا تقبل الإبطال، لذا يتساءل بوبر[1963 :197] عن كيفية التمييز بين النظريات الفلسفية الصادقة والكاذبة، وهي التي لا تقبل الإبطال؟ كما يتساءل عن إمكان تقويمها بشكل عقلاني أي نقدي؟ وإن كان ذلك ممكنا فأي تدليل عقلاني يمكن أن نعتمده من أجل تأييد أو نقض نظرية نعلم مسبقا أنها لا تقبل الإبطال والبرهان معا؟

يجيب بوبر أن النظرية إذا كانت عقلانية، سواء العلمية أو الفلسفية، فإنها تكون كذلك لأنها تجتهد في حل بعض المشكلات، وهو ما يفرض ربطها بما يسميه بوبر [1963 :199] بـ «الموقف -المشكلة». وبالتالي لا يمكن إنتاج نقاش عقلاني إلا بتحليل هذه العلاقة، وذلك عن طريق

وضع أسئلة من مثل: هل تحل النظرية بالفعل المشكل الذي وضعت من أجله؟ هل تحل المشكل بشكل أفضل من نظريات أخرى؟ أم تكتفي بنقل المشكل فقط؟ هل هي نظرية بسيطة وخصبة؟ وأخيرا هل توجد هذه النظرية في تناقض مع نظريات فلسفية أخرى تحل مشكلات أخرى؟

لقد حاول بوبر تطبيق هذا المنهج النقدي على النظريات الفلسفية باعتبارها غير قابلة للإبطال، وذلك من خلال خمسة أمثلة هي على التوالي:

أولا : مفهوم الحتمية عند إيمانويل كانط، ومفاده أن المستقبل متضمن في الحاضر باعتباره محددا كليا وبشكل مسبق في الحاضر.

ثانيا: المذهب المثالي الذي يتصور العالم كنتيجة للتمثلات أو هو مجرد حلم.

ثالثا: مذهب اللاعقلانية، ومفاده أننا نقوم بتجارب تتجاوز العقل، فنشعر بأنفسنا من خلالها كأشياء في ذاتها، وبالتالي نحصل على معرفة بالأشياء في ذاتها.

رابعا: المذهب الإرادي الذي يقر بأنه عبر ملكات إرادتنا نتعرف على ذواتنا كإرادة، بحيث تكون الإرادة هي الشيء في ذاته.

خامسا : مذهب العدمية للوجودية: والذي يربط معرفتنا بذواتنا كعدم عن طريق الشعور بالضجر والقنط، ومن ثم فالشيء في ذاته هو العدم.

يجزم بوبر [1963 :294] منذ البداية بخطأ هذه النظريات، إذ يقول: «إنني في المقام الأول لاحتمي، وثانيا واقعي، وثالثا عقلاني...» أما بالنسبة إلى الرابعة والخامسة فيرى أنه من المستحيل الحصول على معرفة تسمح بمعرفة العالم الواقعي في كليته. لكن إذا كانت هذه النظريات خاطئة وغير قابلة للإبطال أليس من باب أولى إبطالها قبل الحكم بخطئها؟ أو على الأقل اعتبارها صادقة؟ إن التعرف على خطأ أو قرب النظريات الفلسفية من الصدق يتم، كما سلف الذكر، بالتقويم العقلاني، أي بالنقد، فلننظر الآن في كيفية إعمال النقد البوبري.

ولنبدأ أولا بنقده للحتمية الكانطية، فتعريف الحتمية، وفق بوبر [1963 :198]: يستلزم الفرضية الآتية: «يوجد وصف صادق للحالة الراهنة للفرد والتي، إذا أضفناها إلى قوانين الطبيعة الصادقة، تكفينا للتنبؤ بأفعاله المستقبلة»[٨٥]. غير أن هذه الفرضية هي عبارة وجودية خالصة، غير قابلة للإبطال، لذا نلجأ إلى مناقشة حجج كانط بشكل عقلاني ونقدي، وبناء عليه يرد بوبر [1963 :198] على كانط قائلا: «عزيزي كانط، لا يكفي أن تجزم ببساطة، بوجود وصف صادق ودقيق بالشكل الكافي، الذي يسمح لنا بالتنبؤ بالمستقبل، بل يجب عليك أن تقول لنا بالضبط ما العناصر التي تكونه، لكي نتمكن من اختبار نظريتك تجريبيا».

إن ما يجعل كانط يؤمن بالحتمية، وفق بوبر [1963 :199] هو تأثره بنظرية نيوتن نظريا، غير أنه بقي متيقنا من لاحتمية الإنسان في بعده الأخلاقي أي العملي. وبذلك يتم نقد حتمية كانط بالتساؤل: هل حتمية كانط نتيجة فعلا لنظرية نيوتن؟ ولو فرضنا أن الأمر كذلك فمن

الضروري أن حجة، على صدق هذا الافتراض، كانت غامضة؛ وهي التي أقنعت كانط بالتخلي عن الاعتقاد في الحتمية في المجال الأخلاقي، ولأن الحتمية غير قابلة للإبطال، فإن كانط لم يكن مضطرا إلى التخلي عنها لأسباب منطقية. وهو ما يوضح عدم إمكان اختبار النظريات الفلسفية، لذا وجب تعويضها بنظريات تجريبية قابلة للاختبار.

أما بالنسبة إلى مثالية كل من بركلي وهيوم، فإن اعتمادنا على «الموقف-المشكلة» سيبين لنا أنهما كانا يعتقدان «أن كل معرفة يمكن ردها إلى انطباعات حسية، وإلى ترابطات بين انطباعات الذاكرة». فكان هيوم مثاليا رغما عنه؛ لأنه لم يتمكن من رد النزعة الواقعية إلى انطباعات الحواس، مما يسمح بانتقاد نظريته الحسية في المعرفة باعتبارها غير متطابقة، وبالتالي توجد نظريات غيرها أقل من حيث عدم التطابق، إذ لا تستلزم نتائج مثالية غير مقصودة.

والشيء نفسه يمكن قوله بالنسبة إلى المذهب اللاعقلاني، الذي نتج عن قرار كانط بعدم إمكان معرفة العالم في ذاته عن طريق العقل، فلم يبق لنا سوى التخلي عن هذه الرغبة أو البحث عن سبل بديلة لمعرفته مثل الحدس أو الإلهام الشعري، أو الروح والمشاعر، فاعتبر القائلين بهذا «لاعقلانيين» من أمثال شوبنهاور والوجوديين؛ أما مدشنه فهو هيوم بنقده للاستقراء بناء على استحالة تبريره عقليا، فاستبعد بذلك العقلانية. وهي نتيجة لاعقلانية أضافها إلى كل خصائص الصدق العقلاني، الذي لا يتوارى أمام نتيجة غير مقبولة ما دامت تبدو حتمية وضرورية. غير أن استنتاج هيوم هذا لم يكن ضروريا، بما أننا لسنا آلات استقرائية، كما يقر هيوم، كما أن العادة والطبع لا يلعبان الدور، الذي يدعيه هيوم، في العلم، مما يهدم التصورات اللاعقلانية التي توصل إليها هيوم.

أما أرتور شوبنهاور فقد سعى إلى حل مشكل ميتافيزيقا كانط- أي حتمية عالم الظواهر وعالم الأشياء في ذاتها ومشكل انتماء الإنسان إلى عالم النومين(الشيء في ذاته)، وهي مشكلات تتعالى عن كل تجربة ممكنة- بطريقة عقلانية، لكن الحل نفسه لم يكن عقلانيا. فإقرار شوبنهاور بأن الإنسان إرادة في ذاته يتجاوز اعتقاده في حدود العقل، مما يقتضي إمكان إيجاد حلول أخرى لهذا المشكل وسابقيه.

لكل ما سلف يتبنى بوبر نقائض هذه النظريات الفلسفية الخمس فكان بذلك لاحتميا وواقعيا وعقلانيا ومؤمنا بعدم إمكان المعرفة المطلقة. فيخلص [1963 :200] إلى أن اكتشاف المشكلات الفلسفية يكون نهائيا عكس الحلول، مما يعني عدم إمكان إبطالها؛ ومن ثم وجب اعتماد النقد العقلاني في التعامل مع النظريات الفلسفية، أولا بربطها بالموقف المشكلة، وثانيا باستنتاج مقتضياتها المضمرة، وثالثا بوضع الطرق المختلفة والممكنة لحلها.

حاصل القول إن معيار علمية النظريات هو القابلية للإبطال، أما معيار صدق النظريات الفلسفية فهو النقد العقلاني.

خلاصة

لقد كان من الضروري أن يؤدي إبطال دعوى الاستقرائيين ومذهبهم إلى اقتراح بديل مناقض يعبر أكثر من سالفه عن طبيعة المعرفة العلمية؛ فكان معيار القابلية للإبطال، في نظر بوبر، هو المنهج العلمي الحقيقي لأنه يظهر صيرورة العلم عن طريق الاعتراف بالخطأ. ومن ثم راح يبين علاقته بالعبارات الأساسية التي ترتبط مباشرة بالخبرة الحسية، فوضع شروطا لصياغتها تتراوح بين شروط منطقية وأخرى مادية تجريبية؛ كما ربطها بالسور الوجودي والكلي وبقرائن الزمان والمكان؛ وبين تضمن هذه العبارات لمحتوى منطقي وآخر تجريبي يسمح بتقويمها وبمصادمتها مع الواقع. وهكذا تكون العبارات الأكثر محتوى إخباريا والأكثر قوة منطقية هي الأكثر قابلية للإبطال.

وعموما فإن معيار القابلية للإبطال يشترط في كل نظرية أولا أن تكون متسقة منطقيا، وثانيا ألا تكون مكونة من عبارات تحصيلية؛ وثالثا أن تسمح باستنباط عبارات يمكن مصادمتها مع التجربة، أي تكون قابلة لاجتياز روائز تجريبية صارمة، فإن اجتازتها اعتبرت نظرية علمية مؤيدة أي صادقة بشكل مؤقت، وإن فشلت في ذلك بطل صدقها فمثل ذلك تجربة حاسمة بالنسبة إليها. ويقوم معيار الإبطال على قاعدة النفي بالنفي المنطقية، وعلى أن نقيض القضية الكلية الموجبة هي القضية الوجودية السالبة.

غير أن بعض العلماء يتشبثون بصحة نظرياتهم لذا يلجأون إلى تحصينها ضد الإبطال عن طريق إدخال فروض عينية تغطي مواطن الخطأ فيها، لذا لجأ بوبر إلى تحصين معياره من التحصين نفسه بوضع مصفاة لهذه الفروض وبالدعوة إلى إدخال الفروض المساعدة فقط، فتم له بذلك تعميم معيار القابلية للإبطال على جميع النظريات. وهو بذلك قد ناقض كل المعايير المتعلقة بمقياس التفضيل بين النظريات المتنافسة حول نفس المشكل، خصوصا معيار البساطة عند الاصطلاحيين. فالنظرية الأكثر علمية، في نظر بوبر، هي الأكثر قابلية للإبطال لأنها تتضمن محتوى أكبر وقوة منطقية أكثر. وهو ما يستلزم وجود درجات للإبطال.وحتى يحافظ على مناقضته للوضعيين فقد اعتبر بوبر الفلسفة والعلوم الزائفة مثل التنجيم والتحليل النفسي والماركسية مجالات معرفية غير قابلة للإبطال لكنها ليست خالية من المعنى؛ فمعيار تقويمها وحده يختلف إذ تعتمد على معيار النقد العقلاني لتقويمها.

محصول القول إن صيرورة العلم، في نظر بوبر، تقوم على إبطال النظريات وتعويضها بأخرى، «فالتقدم العلمي لا يكون في تراكم الملاحظات، ولكن في رفض نظريات غير كافية، وفي تعويضها بأخرى أفضل منها». فيصبح الخطأ محركا للمعرفة العلمية، وعلامة تطورها هو التأييد ورجحان الصدق أي الاقتراب من الصدق التام.

لكن نجاعة معيار القابلية للإبطال لم تحمه من انتقادات وجهت له من مريديه؛ فمثلا يرى توماس كون أن معيار الإبطال ليس قادرا على الفصل بين العلوم الحقة والزائفة، عكس معيار «حل اللغز»؛ فعلم التنجيم زائف لأنه من دون لغز يسعى إلى حله، وليس لأنه غير قابل للإبطال، أما صرامة الاختبارات فهي وجه واحد فقط من صيرورة حل اللغز[86]. كما أن تلميذه إيمري لاكاتوش يعارضه بقوله: «لا يمكن إقصاء نظرية إلا من خلال نظرية أفضل، أي من طرف نظرية تمتلك محتوى تجريبيا إضافيا بالنسبة إلى سابقاتها، يكون بعض منها مؤكدا من قبل؛ وعند تعويض نظرية بنظرية أخرى أفضل، ليس على النظرية الأولى حتى أن تبطل، بالمعنى الذي يعطيه بوبر للكلمة، وهكذا فالتقدم يتمثل في عينات تحقق المحتوى الإضافي، أكثر مما يتمثل في عينات مبطلة؛ فيصبح «الإبطال» و«الإقصاء» عمليتين مستقلتين»[87]. وهو ما يعني أن العلاقة بين النظريات المتتالية هي محتواها الإضافي.

أما تلميذه أجاسي فينتقده قائلا: «أود أن أقول إن الإبطالات الصرفة والتأييدات الصرفة للنظريات العلمية وغير العلمية هي ممكنة جدا»[88].

غير أن هذه الانتقادات رغم أهميتها، قد سعت إما إلى ترميم معيار الإبطال أو تعويضه بآخر يتماشى مع تصور هؤلاء الإبستيمولوجيين، كمعيار حل اللغز أو معيار إضافة المحتوى؛ وهو ما يبين أنهم لم يتخلصوا بالفعل من تأثير بوبر لأن مصطلحاته حاضرة وكذا أساس منهجه؛ ولذلك فلم يشككوا في القيمة المنهجية لمعيار الإبطال وفي أساسه المنطقي، أي عاملية النفي. بل إن هناك من دفع به إلى مداه مثل بول فايرباند الذي يرى أن ما يسمح بالإبداع هو خرق القواعد المنهجية السائدة؛ فاقترح منهجا «ضد-الاستقراء» يناقض الاستقرائيين وبوبر نفسه، لأنهما يشتركان في الرجوع إلى التجربة، سواء في التحقق أو الإبطال، في الحكم على القضايا العلمية. لذا يقول فايرباند: «إن مبدأ الإبطال الصارم... سيمحو العلم، كما نعرفه، بل إنه لم يكن ليسمح له بالبدء». ودليله على هذا عدم قابلية النظريات العلمية للمقايسة، أي أنها لا تعتمد نفس معيار الحكم على صدقها. والعلة في ذلك أن قبول النظريات يقوم على أحكام ذوق، أو على أفكار مسبقة وميتافيزيقية؛ مما يستبعد كل معيار قاطع لتفضيل نظرية علمية على أخرى، أو على أنماط العلوم الأخرى. فيلزم عن ذلك أن المعرفة العلمية تقوم على اتفاق أفراد المجتمع وليس على الوقائع والحجج المقنعة.

لكن مثل هذا الزعم يمكن أن ندفعه بقول إيفري شاتزمان: «إن ما نسميه منهجا علميا هو عقلنة بعدية لنمط من العمل لا علاقة له بالمعقول... لكن هذه الخاصية الإنسانية، المعقدة، المملوءة بالمتناقضات، واللعبة الحقيقية للمحاولات والخطأ، ليس أقل قيادة إلى مفهوم الحقيقة العلمية...»[89].

حاصل القول إن فلاسفة العلم يعترفون بوجود المتناقضات والتنافي في مراحل بناء المنهج العلمي، وفي تطور نظرياته، وكذا بتحقيق العلم للتقدم الدءوب عبر هذا العناد.

الهوامش

1 يرى بوبر [59 :1959] أن «النظريات هي شباك نلقي بها من أجل القبض على ما نسميه بـ «العالم» من أجل عقلنته، وتفسيره، والتحكم فيه، لذا نجتهد في تضيق الثقوب أكثر فأكثر». كما يؤكد في الهامش من الصفحة نفسها أن النظرية ليست شيئا آخر غير أداة للتنبؤ.

2 Cf. K. Popper [1959] The Logic of Scientific Discovery, 9th ed.Hutchinson, London, 1977, p. 59.

3 Criterion of Refutation والذي يترجم إلى الفرنسية خطأ بـ: Critère de Falsification وقد فضلنا استعمال مصطلح الإبطال عوضا عن باقي المفاهيم مثل: التكذيب والتفنيد والدحض، لأنه أكثر قدرة على التعبير عن مقصود بوبر الذي يقول [42 :1992]: «عندما أدخلت فكرة تكذيب، أو القابلية للاختبار أو القابلية للإبطال، النظرية بصفته معيارا للفصل». وهو ما يعني أنه يستعمل هذه المفاهيم بالدلالة نفسها.
كما أن الترجمة الفرنسية لكتاب: «التخمينات والإبطالات» تكافئ بين «كذب To Falsify» و«برهن على كذب Démontrer la fausseté». راجع:

K. Popper, Conjectures et Refutations : la Croissance du Savoir Scientifique, éd. Payot, Paris, 1985. p. 65et note 6.

بل إن بوبر نفسه يفضل ترجمة فعل «to falsify» في اللغة الفرنسية بـ : «réfuter» وليس بـ : «falsifier» راجع:

K. Popper, La Connaissance Objective. éd. Complexe,1978.

4 Cf. K.Popper, [1963] Conjectures And Refutations, The Growth Of Scientific Knowledge, p. 33 et 255.

5 W.V.Quine,"On Popper s Negative Methodology, P. 218.

يصنف بوبر نفسه ضمن مذهب السلبيين (Negativists) في مقابل الوضعيين أو الإيجابيين (Positivists) راجع: بوبر [299 :1963].

6 يعتبر كارل بوبر أن فلسفته في العلم هي نظرية في المنهج، لذا حاول[53 :1959] أن يبين التشابه بين قواعد المنهج، كقواعد للعبة العلم التجربي، والمنطق المتحكم في لعبة الشطرنج، بحيث يمكن تسمية ما ينتج عن البحث في قواعد الشطرنج «منطق الشطرنج». وما ينتج عن البحث في قواعد لعبة العلم، أي الكشف العلمي، «منطق الكشف العلمي». ويكتفي هنا بوبر بتقديم نموذجين من هذه القواعد ليبين معقولية جعل البحث في المنهج التجريبي في نفس درجة البحث المنطقي الخالص:

1 - إن لعبة العلم هي، من حيث المبدأ، بدون نهاية. بمعنى أن كل عبارة علمية لابد أن تخضع للاختبار، وبالتالي فالقائلون بالتحقق هم خارج اللعبة.

2 - لا يمكن ترك فرضية أثبتت قدرتها على تجاوز الاختبارات إلا لأسباب معقولة، كتعويضها بأخرى تم اختبارها بشكل أفضل.

ونظرا إلى أن القواعد المنهجية مترابطة، وإن كان هذا الترابط ليس استنتاجيا أو منطقيا بالمعنى الدقيق، في ما بينها، ومع قواعد منهجية أخرى وكذا مع معيار الفصل، فإن ذلك هو ما يسمح بالحديث عن نظرية في المنهج.

7 K. Popper, conjectures et réfutations., p. 12.

8 نفضل ترجمة مصطلح Conjecture بـ: تخمينات، وهو ما يمكن أن يقترب دلاليا من «فروض» أو «حدوس» أو«افتراضات» إلا أن بوبر يرى أن التخمينات تحتاج إلى معيار التأييد لكي تدخل النسق العلمي، وهو السبيل الوحيد لكي تكتسي طابع العلمية، وما يؤكد اختيارنا لهذه الترجمة هو إقرار بوبر بتماثل مصادر

النظريات العلمية والخرافة والأسطورة والفن، مع تفرد النظريات العلمية بالقابلية للإبطال عن طريق أدلة تجريبية من وقائع الحس والملاحظة.

9 ما أشبه ما يقوم به معيار الإبطال بتصور جاستون باشلار لتاريخ العلوم، إذ يقسمه إلى تاريخ ملغى، بان بطلانه، وتاريخ منتقى، أثبت صحته المؤقتة.

10 Potentiel or Virtuel Falsifiers.

11 K. Popper, L.Sc.D. p. 86.

12 Cf. K. Popper, L.Sc.D. p 86, note (*2).

13 Cf. K. Popper, L.Sc.D . p 111.

14 يورد بوبر [1959: 95] بهذا الصدد رأي راينينجر Reininger الذي يقر بأن المطابقة لا تكون بين العبارات والواقع، بل بين عبارات من مستوى عال وعبارات لها مضمون مماثل، ثم مع عبارات ناتجة عن التجارب. كما أن رودولف كارناب يرى أن منطق العلم، الذي يبحث في أشكال اللغة العلمية، لا يتحدث عن الأشياء بل عن الكلمات، ولا عن الأحداث بل عن العبارات؛ ويسمي هذه اللغة باللغة الصحيحة أو نمط التعبير الصوري في مقابل «نمط التعبير العادي»، الذي لا يستعمل إلا إذا أمكن ترجمته إلى النمط الأول؛ غير أن كارناب يسقط في نزعة نفسية لأن قوله بعبارات البروتوكول هو إقرار بالملاحظات والإدراكات المباشرة.

15 cf. K. Popper, L.Sc.D. p. 107 note (*3) , et 4eme et dernières Paragraphes de la section 19.

16 لذا فإن بوبر يطالب الإبيستمولوجي بالتخلي عن المهمة التي وضعها له كارناب وهي التساؤل: «على أي أساس تقوم معرفتنا، وكيف أعلل وصفي لتجربة ما، وأدافع عنها ضد الشك؟». لأن مهمة الإبيستمولوجي، في نظر بوبر [1959: 97]هي التساؤل عن كيفية اختبار القضايا العلمية بناء على نتائجها، وكذا عن نوعية النتيجة التي يمكن أن نختارها لهذه الغاية، إذا كان من اللازم أن تخضع هي كذلك لروائز ما بين ذاتية.

17 Cf. K. Popper, L.Sc.D. pp. 104-109.

18 ترى النزعة الاصطلاحية، وعلى رأسها هنري بوانكريي، أن الاتفاق أو القرار يحدد قبول العبارات الجزئية والكلية معا، وذلك على أساس مبدأ البساطة.

19 يشترط بوبر [1959: 39] ثلاثة شروط في النسق النظري التجريبي وهي: أولا أن يكون تركيبيا، بحيث لا يكون غيرمتناقض (ممكن)؛ وثانيا يجب أن يستوفي معيار الفصل، فيمثل عالما ممكنا للتجربة (لايكون ميتافزيقيا)؛ وثالثا أن يكون نسقا مختلفا عن غيره بشكل ما.

20 في حين أن العبارة الشرطية (ش ← ب) أي «إذا ش فإن ب» ليست عبارة أساسية مثلها مثل النفي -ب، مادامت متكافئة مع نفي عبارة أساسية، إنها نفي للعبارة (ش ∧ − ب). راجع:
K. Popper, L.Sc.D. p. 102. et C.& R. pp. 386-387.

21 إن هذا التصور البين ذاتي والبين حسي هو الذي يدفع دعوى سقوط بوبر في نزعة سيكولوجية أو نزعة ميكانيكية عند اعتماده على الملاحظة؛ ذلك أن الإدراكات والملاحظات في نظره يمكن أن تكون نفسية، لكن الإمكانية لأن تكون ملاحظة ليست كذلك. لذا يعتبر بوبر [1959: 103] مفهوم «قابل للملاحظة» حدا أوليا غير معرف مثله مثل: «رمز».

22 Cf. K. Popper, L.Sc.D. p. 120. et C.& R. p. 385.

23 يبني بوبر هذه العلاقة بين المحتويات المنطقية للعبارات العلمية على أساس خاصية تقول: «إذا تجاوز المحتوى المنطقي لـ: ب محتوى جـ فإننا نقول كذلك إن ب أقوى منطقيا من جـ، أو أن قوتها المنطقية تتجاوز قوة جـ».

Cf. K.Popper, L.Sc.D. p. 120, note *2.

24 Truth content ويعرفه بوبر [1979: 48] قائلا: «إن فئة كل العبارات الصادقة التي تنتج عن عبارة ما، أو التي تنتمي إلى نسق استنتاجي، والتي ليست تحصيل حاصل يمكن تسميتها بمحتواها الصدقي». ذلك لأن «كل محتوى يتضمن محتوى جزئيا يمثل فئة كل، وفقط كل، لزوماته الصادقة».

25 يقصد بوبر [1963: 219] بالاحتمالية ما يعنيه حساب الاحتمال والذي يعني حسبه حساب الاحتمال المطبق منطقيا على القضايا أو العبارات وهو: «ليس سوى حساب يتعلق بالضعف المنطقي أو النقص في مضمون العبارات». سواء كان ضعفا منطقيا مطلقا أو نسبيا، خاصة أن بوبر يميز في المحتوى المنطقي بين النسبي والمطلق.

26 يرى بوبر [1963: 219] أن الاحتمالية المطلقة للعبارة ب هي بكل بساطة درجة الضعف المنطقي أو النقص في المحتوى الإخباري للعبارة، وأن الاحتمالية النسبية للعبارة ب، إذا كانت جـ معطاة، ليست سوى درجة ضعف نسبي أو غياب نسبي لمحتوى إخباري جديد للعبارة ب، مع افتراض أن لدينا المعلومة جـ من قبل. راجع كذلك: [1959: 119] والهامش(٢*) من الصفحة نفسها، حيث يربط تصوره للاحتمالية بدرجات الإبطال.

27 Cf. K. Popper, C.& R. p. 219.

28 Warheitsgehalt.

29 تكون العبارة الفصلية صادقة، وفق دوال الصدق، إفا، كانت على الأقل إحدى مفصولاتها صادقة.

30 K.Popper, C.&R. p. 233-234, et ADDENDA.

31 يرى ألفرد آير أن مفهوم رجحان الصدق لا يزودنا بمعيار حقيقي للتقدم نحو الصدق، لأننا لا نحكم برجحان صدق ن2 إلا إذا تم إبطال ن1 بالفعل، في حين ما يهمنا هو تلك الفرضيات التي يتم تكذيبها بالفعل؛ وهذه لا يجدي معها رجحان الصدق.

Cf. Alfred Ayer, Truth, Verification and Verisimilitude. p. 691.

32 Cf. J.D. Carney, & R.K. Scheer, Fundamentals of Logic, pp. 342-348.

33 كان يعتقد آنذاك أن هذا الشريان هو عرق.

34 أطلق على هذه النظرية اسم: «المد والجزر Ebb and Flow» راجع:

Cf. J.D.Carney, & R.K.Scheer,Fundamentals of Logic, pp 320-321.

35 A.R. Hall, The Scientific Revolution, p. 137.

36 أستاذ ويليام هارفي.

37 ما يقصد بالاختبار غير المباشر للفرضية هو استنباط مجموعة من العبارات من الفرضية ثم محاولة معرفة إن كانت صادقة.

38 عن طريق هذا الدليل يمكن إبطال النسق بأكمله. راجع:

K. Popper, L.Sc.D. 76 p.

وكذا ص 41 منه حيث يبين اللاتناظر بين التحقق والإبطال. ذلك أن معيار التحقق قائم على القانون المنطقي للوضع Modus Ponens الذي يسمح بتعدية صدق المقدم إلى التالي؛ في حين أن معيار الإبطال يقوم على قانون ينفي الصدق عن المقدم بإثبات كذب التالي. فإذا أضفنا لهذا القانون القانون المنطقي القائل بأن نقيض الحكم الكلي هو الحكم الجزئي السالب تبعا لمربع التقابل اكتملت أمامنا صورة معيار التكذيب.

39 وعموما فإن عبارات «فم» عندما لا يحسن وضعها بالنسبة إلى عبارات النظرية فإنه يتم ترك إحدى عبارات «فم» عوضا عن ترك النظرية بأكملها. وبالتالي فإن نتيجة تكذيب با، التي استنبطت من النظرية، في مثل هذه الحالة، هو ترك النظرية سليمة؛ ومن ناحية أخرى عندما يتم قبول «فم» فإن واحدة أو أكثر من عبارات فا يجب أن تعدل أو تترك، وإلا وجب التخلي عن النظرية.

40 Cf. J.D.Carney,.& R.K. Scheer, Fundamentals of Logic, P. 345.

41 يطلق على هذه الظاهرة في تاريخ العلوم: «إعطاء الضربة القاضية Dealt a Death Blow» وتتم أولا عندما نستنبط العبارة «ب» من النظرية ن ثم يتم إبطالها عن طريق التجربة، وثانيا عندما يتم وضع كل عبارات «فم» بشكل جيد، وثالثا عندما تعتبر بعض العبارات غير الأساسية موضوعة بشكل جيد؛ فإن نتيجة إبطال «ب» ستكون هي التخلي عن النظرية، أي التخلي عن العبارة أو العبارات الأساسية للنظرية.

42 Crucial Experiment. راجع بوبر [1963: 113] وكذا [1959: 78] الهامش1، حيث يقر مخالفته لديهايم الذي يعتبر التجربة الحاسمة تحققا تجريبيا، في حين يعتبرها بوبر تجربة إبطالية. وهناك نوعان من التجارب الحاسمة، الأولى تكذب أو لا تكذب الفرضيات التجريبية، والثانية إما تعطي وإما لا تعطي ضربة قاضية للفرضيات النظرية. وبوبر يؤمن بهذا المفهوم في مقابل أطروحة «دوهيم - كواين» التي ترفض التجربة الحاسمة لأنها تنتمي إلى تصور أداتي للعلم؛ فالعالم لا يخضع، في نظرهم، فرضا منفردا لمحكمة التجريب بل مجموعة من الفروض معا. وبالتالي لا يمكن أن يكون الدليل التجريبي في حد ذاته إبطالا حاسما للفرضية.

43 Cf. J.D.Carney, & R.K. Scheer, Fundamentals of Logic, p. 346.

44 عندما نضطر إلى تعديل نظرية ما نظرا إلى عدم تأكدنا من با (عباراتها الأساسية)، وعندما نضطر إلى تركها أو التوقف عن التعديل، وبالتالي ترك النظرية نظرا لعدم إمكان تأكيد با، فإن الأمر يكون غاية في التعقيد إذ تتدخل عوامل لا تنتمي إلى القواعد العامة.

Cf. J.D.Carney, & R.K. Scheer, Fundamentals of Logic, p. 347.

45 يعتبر الاصطلاحيون، وفق بوبر [1959: 79]، القانون العلمي مجرد أداة، إنه: «أسلوب للبحث العلمي، دالات قضايا توصف بالصلاحية أو عدم الصلاحية لكنها لا توصف البتة بأنها صادقة أو كاذبة». ومن ثم فالنظريات ليست سوى قواعد حسابية أو استدلالية لها نفس خصائص القواعد الحسابية للعلوم التطبيقية؛ وهذا التصور ينزع عن مفهومي الصدق والكذب، وكذا عن معيار الإبطال والقابلية للإبطال كل أهمية.

أما بوبر فيعتبر القانون العلمي فرضية لها محتوى معرفي يتغيا الاقتراب من الصدق، من شروطه أولا أن يؤدي الشرح منطقيا إلى ما يشرحه أو يفسره، وليس العكس تجنبا للوقوع في الدور؛ ثانيا أن يقترب التفسير من الصدق قدر الإمكان؛ ثالثا أن يكون التفسير قابلا للاختبار بشكل مستقل وأن يجد له أدلة مستقلة، كما يجب أن تكون له درجة قبول متناسبة مع درجة قسوة الاختبارات التي يجتازها. وهو ما يلخصه بوبر [1979: 359] في قوله: «إن ما نسميه «قوانين» هو فروض أو تخمينات تشكل دائما جزءا من نسق أوسع من النظريات... والتي لا يمكن اختبارها إطلاقا بشكل مستقل». وهو ما يمنح للقانون صفتين: الأولى هي التفسير والشرح، والثانية هي التنبؤ والاختبار.

46 يشير بوبر [1979: 38] إلى أن هذا المصطلح مأخوذ عن هانز ألبيرت Hans Albert، وهو يقابل مصطلحين خاصين به هما .Conventionalist Stratagem/ Conventionalist Twist

47 يقول بوبر [1979: 360]: «طبعا من الممكن دائما إنقاذ نظرية مبطلة عن طريق فرضيات مساعدة... لكن هذا ليس طريق تقدم العلوم».

48 يتحدث بوبر عن كيفية إبطال كل من نظرية نيوتن وأينشتاين، وكذا عن تحصين نظرية نيوتن، وذلك في مقابل النظريات النفسية.

Cf. K. Popper, [1979] Objective Knowledge, An Evolutionary Approach, p. 38n.

49 Cf. K. Popper, Replies to my Critics, P. 987.

50 يرى طوماس كون [1962 :145] أن جميع النظريات تكون ناقصة لأنها تتضمن مبطلات، غير أن وجود مبطل واحد لا يكفي لإبطالها؛ لذا وجب ترتيب المبطلات، والتمييز بين تلك التي تمثل خطرا، وبين التي تخلق إحراجا فقط. وعلى هذا الأساس حاول ل.لوضان [1987 :56-57] وضع معايير لتقييم المبطلات كالآتي:

1 – لا تكون المبطلات ذات أهمية إذا كانت مبطلات بالنسبة إلى جميع النظريات المتنافسة. في حين تكون مبطلات حقيقية إذا كانت كذلك بالنسبة إلى نظرية واحدة، وكانت النظريات الأخرى تفسر هذه المبطلات.

2 – تبعا لدرجة الاختلاف بين النتائج التجريبية الملاحظة والتوقعات النظرية. 3 – زمن بقاء المبطلات ومدى مقاومتها لكل حل في إطار نظرية ما.

51 L.Laudan, La Dynamique de la Science, P. 73.

52 L.Laudan, La Dynamique de La Science, P. 75.

53 انظر الرسم الهندسي التوضيحي بوبر [1959 :117].

54 يميز بوبر [1959 :119هـ *] بين «الاحتمالية المنطقية المطلقة absolute logical probability» وبين «الاحتمالية المنطقية النسبية relative logical probability (conditional logical probability)»، فيفضل استعمال الأولى لأنها تتميز عن الاحتمالية العددية التي تستعمل في نظريات اللعب (المصادفة والإحصاء)؛ فالاحتمالية المنطقية لعبارة ما هي متمم لدرجة قابليتها للإبطال، إذ تزيد كلما نقصت درجة القابلية للإبطال.

55 يعرف بوبر العمومية Universality قائلا: «ما أسميه عمومية أعلى، بالنسبة إلى عبارة، يقابل عموما ما يسميه المنطق التقليدي: نسبة كبيرة من» ما صدق الموضوع Extension of subject» وما أسميه: دقة كبرى، هو ما يقابل «ما صدق صغير» أو «تقليصا للمحمول Restriction of the Predicate». راجع:

K. Popper, L.Sc.D. p. 123, et note (2).

56 Ibid., p. 123.

57 إن النظريات التي تكون لها درجات من القابلية للإبطال متقاربة، وبالتالي يكون مجالها أو مداها ضعيفا تستلزم البحث عن قياسات أكثر دقة، وهو الأمر الذي يستدعي التشكيك في مفهوم الدقة عند كارل بوبر إذ لم يحدده بالشكل الواضح والكافي.

58 Ph. Frank, Das Kausalgesetz und Seine Grenzen, 1931, p. 24. cité in K. Popper, L.Sc.D . p. 127.

59 Elementarsatz/ Elementary Proposition/ Atomic Proposition. راجع القضية الخامسة من: الرسالة المنطقية الفلسفية، لفيتجنشتاين.

60 Generating Matrix، وهي دالة عبارات أو دالة قضوية: «يوجد جهاز قياس لـ... في الموضع... يقع مؤشره بين علامات التدرج... و... «وتعني إمكان استبدال متغيرات بثوابت فارغة، فتكون فئة العبارات الأساسية التي نتوصل إليها عن طريق هذه القاعدة هي فئة العبارات الذرية النسبية، المتكافئة مع المؤلف equi-composite، الذي يساهم في تأليف العبارة، بحيث كلما زاد زاد التأليف. راجع: [1959: 128-129].

61 Dimension of The Theory، ويسميه بوبر «بعدا» نظرا إلى إمكان تخيل الأعداد الوحداتية الممكنة، للمجال المحدد في المكان، مرتبة ترتيبا في مكان شكلي للأبعاد اللانهائية؛ فمثلا إذا كانت «د» = 3، فإن العبارات المسموح بها، بسبب عدم كفاية درجة تأليفها، تشكل مكانا فرعيا من الشكل ثلاثي الأبعاد، وكلما نقصنا من كمية «د» مثلا من 3 إلى 2 صغر بعد «د». وهكذا كلما كان البعد أصغر كانت فئة العبارات المسموحة أقل، وبالتالي لا يمكنها أن تناقض النظرية لأن درجة تأليفها منخفضة؛ وكلما صغر البعد «د» علت درجة قابلية النظرية للإبطال. راجع: [1959 :129].

62 انظر مثلا نظرية كيبلر وتكذيبه لدائرية مدارات الكواكب؛ فالفرضية ب: كل مدارات الكواكب دائرية. يتطلب إبطالها على الأقل خمس عبارات ؛ أما الفرضية د: كل الكواكب لها مدارات إهليلجية. فتتطلب على الأقل ست عبارات لإبطالها. ومن ثم فإن ب أسهل إبطالا من د، مادامت كل الدوائر إهليلجات أي فئة فرعية منها، لذا يمكن إنجاز المقارنة بين النظريتين على أساس علاقة الفئة بالفئات الفرعية. أما استعمال الأبعاد فيسمح بالمقارنة بين فرضية الدائرة وفرضية القطع المتكافئة parabolique.
لقد تمكن كيبلر من إبطال فرضية دائرية حركة الكواكب عن طريق منهج الإقصاءMethod of Elimination الذي يستلزم سهولة إبطال النظرية الخاطئة. لشرح أكثر حول كيفية إبطال كيبلر هذه الفرضية يمكن مراجعة:
R.Feynman, La Nature de La Physique, pp 14-38.Cf.

63 Corroborated. وقد أطلق إسحاق نيوتن على هذه الظاهرة اسم: «fact of The Cross» في كتابه: «Novum Organum» مقتبسا إياها من اللوحات الإشارية التي تشير إلى اتجاهات الطرق في الملتقى.

64 غير أن مثل هذه الحجة تفترض الأمور الآتية: أولا أن هناك تفسيرا نظريا واحدا لمتوالية من الظواهر، ثانيا أن عبارات الملاحظة تستلزم كذب النظرية، وثالثا أنه بإمكاننا إحصاء كل النظريات الممكنة التي تفسر متوالية من الظواهر. راجع:
Cf. J.D.Carney, & R.K. Scheer, Fundamentals of Logic, p. 348.

65 لقد حاول كل من إرنست ماخ E. Mach وكيرشوف G.R.Kirchhoff وريتشارد أفيرنيوس R. Avenarius استبدال مفهوم «الوصف الأكثر بساطة» بمفهوم التفسير السببي والمقصود في الإبيستمولوجيا المعاصرة بالبساطة هو أن تحتوي النظرية على أقل عدد من المفاهيم والقواعد، وعلى درجة أعلى من التجريد، مثلا المنهج الفرضي الاستنتاجي.

66 يعترف بوبر بأن هذه الفكرة يقول بها ويليام نيل Kneale.W.، راجع:
K. Popper, L.Sc.D, p. 140, et note(*1).

67 راجع مثال: أ- ب- ج- د: «كل مدارات الأجسام السماوية دوائر، حيث (أ) أكثر قابلية للإبطال لأنه قانون يرتد إلى أقل عدد من الأبعاد، وبالتالي فهو أبسطها؛ فالإبطال فرضية الدائرة يكفينا أربعة مواضع، في حين أن إبطال الفرضية الإهليليجية يحتاج إلى ستة مواضع.

68 يعترف بوبر [1979 :18] أنه أدخل فكرة التأييد أو درجة التأييد لكي يبين بوضوح أن أي نظرية احتمال في الاختبار، وبالتالي أي نظرية احتمالية حول الاستقراء، هي نظرية عبثية ومستحيلة.

69 وهذه كذلك أحد أسباب تفضيل بوبر لمعيار الإبطال على التحقق، لأن التحقق من النظريات يتم عن طريق التحقق من بعض التوقعات التي تنتج عنها وليس من كل هذه التوقعات، في حين أن الإبطال يحتاج إلى حالة واحدة فقط لإبطال النظرية.

70 لعل هذا هو تصور جاستون باشلار لمفهوم القطائع الإبيستمولوجية، وكذا لعلاقات التجاوز والتلفيف بين النظريات العلمية، كما هي الحال في علاقة الهندسة الإقليدية بالهندسات اللاإقليدية.

71 La Théorie Fréquentielle de La Probabilité d? Evénements.

72 Cf. K. Popper , L.Sc.D. p. 260 , note(*5).

73 Cf. K. Popper, [1992] Unended Quest, An Intellectual Autobiography, pp. 102-104.

74 معنى هذا أن هناك درجات للتأييد. راجع: (K. Popper, L.Sc.D . Appendice *IX) حيث يقول بوبر: «تكون نظرية ما ذات درجة إيجابية من التأييد إذا تلاءمت مع نسق العبارات الأساسية المقبولة، وإذا كان جزء من هذا النسق قابلا لأن يستنبط منها». راجع ((L.ScD. P. 266. et note (*1) أما إذا اعتبرنا أن العبارات الأساسية لا يمكنها أن تصدر عن نسق نظري خالص (في حين يصدر عنه نفيها) فمن الممكن وضع القاعدة التالية: «تكون النظرية ذات درجة إيجابية من التأييد إذا تلاءمت مع العبارات الأساسية المقبولة، وإذا كانت فئة فرعية غير فارغة من هذه العبارات الأساسية، يمكن استنتاجها من وصل النظرية بباقي العبارات الأساسية المقبولة». وهذا التعريف يقترب في مفهومه من تعريف بوبر لمعيار الفصل، مع فرق واحد، هو اقتصاره على العبارات الأساسية المقبولة (من العبارات المؤيدة) في حين يتعداه معيار الفصل إلى كل العبارات الأساسية.

75 يعتمد بوبر هنا على تعريف مقياس فايل Weyl للبساطة باعتباره ندرة المعايير للدالة، ويجعل هذا المعيار مقياسا كذلك لإمكان الخضوع للروائز وبالتالي لعدم الاحتمالية.

Cf. K. Popper, L.Sc.D. p. 267.

76 يعتبر بوبر هذا الأمر أهم انتقاد حاسم وجهه إلى نظرية الاستقراء. .Cf. K. Popper, L.Sc.D . p 270 et note (*3)

77 Ad hoc. (Cf. K. Popper, L.Sc.D . p. 272 et note(*7)).

78 Principle of Parsimony in the Use of Hypotheses.

-The Number of Axioms of Fundamental Hypotheses should be kept down.

79 K. Popper, L.Sc.D. p 17.

80 K. Popper, C.& R. p 70.

81 Ibid., p. 74.

82 Problem Situation. Cf. K. Popper, C.& R. p. 73.

83 Bryan Magee, Modern British Philosophy, Secker and Warburg, London 1979, p. 72.

84 يقول بوبر [1963 :257-257]: «تنتمي عبارة ما للعلم كلما كانت قابلة للاختبار، نظرا إلى أن العلم قابل للاختبار، في حين أن نقيضها (نفيها) لا يقبل الاختبار، لذا يكون هذا الأخير تحت خط معيار التمييز. وهو ما يتعلق بالضبط بالعبارات الأكثر حسما، والأكثر قابلية للاختبار بصرامة: أي قوانين العلم العامة. لقد اقترحت في «منطق الكشف العلمي» التعبير عنها،... بالصيغة: «لا توجد آلة حركتها أبدية»... باعتبارها صيغة نفي للعبارة الوجودية؛ أما العبارة الاثباتية المقابلة: «توجد آلة ذات حركة أبدية» - فقد تنتمي... إلى الفئة التي توجد تحت خط التمييز، في مقابل «يوجد ثعبان بحري حاليا معروض في المتحف البريطاني». وهي العبارة التي توجد بوضوح فوق خط التمييز لأنها ممكنة الاختبار، في حين ليس بإمكاننا اختبار عبارة وجودية خالصة.

85 أما تعريفها فهو، في نظره [193:1963] كالآتي: «إن مستقبل العالم التجريبي (أوعالم الظواهر) محدد كليا، بشكل قبلي، بناء على حالته الراهنة، وذلك في أدق جزئياته».

86 K. Kuhn, Logic of Discovery or Psychology of Research? pp. 11-18.

87 I. Lakatos, The Methodology of Scientific Research Programmes, P. 150.

88 J. Agassi, Science in Flux, p. 386.

89 E. Schatzman, La Science Menacée, éd. Odile Jacob.1989.

المراجع العربية

1 - باشلار، جاستون.
- الفكر العلمي الجديد، ترجمة عادل عوا، مراجعة عبدالله عبدالدايم، منشورات وزارةالثقافة والسياحة والإرشاد القومي، دمشق، 1969.
- تكوين العقل العلمي، ترجمة خليل أحمد خليل، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، بيروت، 1982.

2 - البعزاتي، بناصر.الاستدلال والبناء: بحث في خصائص العقلية العلمية، دار الأمان- المركز الثقافي العربي، الرباط، 1999.

3 - بن ميس، عبدالسلام. «ما معنى القانون العلمي؟»، مجلة المناظرة، العددان 3 يونيو 1990 و4 مايو 1991 ص. 67-85. و91-110.

4 - تيبس، يوسف.
«تاريخ وفلسفة العلوم عند ميشيل سير»، مجلة عالم الفكر، العدد 4، المجلد 30، أبريل - يونيو2002، ص. 155-237.

5 - رايشنباخ، هانز.نشأة الفلسفة العلمية، ترجمة فؤاد زكريا، دار الكتاب العربي، القاهرة، 1968.

6 - مونو، جاك. المصادفة والضرورة: محاولة في الفلسفة الطبيعية لعلم الحياة، ترجمة حافظ الجمالي، منشورات وزارة الثقافة والإرشاد القومي، دمشق، 1975.

7 - يفوت، سالم. فلسفة العلم والعقلانية المعاصرة، ط1، دار الطليعة، بيروت، 1982.

8 - يمنى، طريف. فلسفة كارل بوبر: منهج العلم...منطق العلم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 1989.
فلسفة العلم في القرن العشرين: الأصول- الحصاد- الآفاق المستقبلية، سلسلة عالم المعرفة، عدد 264، الكويت، ديسمبر 2000.

المراجع الأجنبية

- باشلار، جاستون.

- الفكر العلمي الجديد، ترجمة عادل عوا، مراجعة عبدالله عبدالدايم، منشورات وزارةالثقافة والسياحة والإرشاد القومي، دمشق، 1969.

- تكوين العقل العلمي، ترجمة خليل أحمد خليل، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، بيروت، 1982.

- البعزاتي، بناصر.الاستدلال والبناء: بحث في خصائص العقلية العلمية، دار الأمان- المركز الثقافي العربي، الرباط، 1999.

- بن ميس، عبدالسلام. «ما معنى القانون العلمي؟»، مجلة المناظرة، العددان 3 يونيو 1990 و4 مايو 1991 ص. 67-85. و91-110.

- تيبس، يوسف.

«تاريخ وفلسفة العلوم عند ميشيل سير»، مجلة عالم الفكر، العدد 4، المجلد 30، أبريل - يونيو2002، ص. 155-237.

- رايشنباخ، هانز.نشأة الفلسفة العلمية، ترجمة فؤاد زكريا، دار الكتاب العربي، القاهرة، 1968.

- مونو، جاك. المصادفة والضرورة: محاولة في الفلسفة الطبيعية لعلم الحياة، ترجمة حافظ الجمالي، منشورات وزارة الثقافة والإرشاد القومي، دمشق، 1975.

- يفوت، سالم. فلسفة العلم والعقلانية المعاصرة، ط1، دار الطليعة، بيروت، 1982.

- يمنى، طريف. فلسفة كارل بوبر: منهج العلم...منطق العلم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 1989.

فلسفة العلم في القرن العشرين: الأصول- الحصاد- الآفاق المستقبلية، سلسلة عالم المعرفة، عدد 264، الكويت، ديسمبر 2000.

Agassi,J. [1975] Science in Flux, ed. D.Reidel, Dordrecht.

Ayer,A.J. [1968] “Philosophy and Scientific Method”, in Actes du XIVe Congrés International de Philosophie, Vienne, vol. I.

...... [1974] Language, Truth and Logic, ed. Pinguin Books, London.

....[1974] “Truth,Verification and Verisimilitude”, in P.A.Schilpp (ed.) The Philosophy ofK.Popper, Open Court Publishing, Illinois, Vol 14/2.

Bachelard,G.[1979] Le Nouvel Esprit Scientifique, P U F. Paris.

......[1938] La Formation de L’Esprit Scientifique, P U F. Paris.

.........[1972] L’engagement Rationaliste, P U F. Paris.

London,1975.

Carney,J.D.& Scheer,R.K. [1964] Fundamentals of Logic, 2nd ed. 1974. Macmillan Publishing Co.inc, New York.

Cohen Morris,R. [1978] Reason and Nature: An Essay On The Scientific Method, Dover Publishing, New York.

Einstein, A.[1934] Comment je vois le Monde, Paris.

Feynman.R. [1979] La Nature de La Physique, éd. Seuil , 1980.

Feyrabend,P.[1987] Adieu la Raison, éd. Seuil. 1989.

......[1964] Against Method, Revised Edition, Verso London, 1992.

Granger,G.G.[1992] La Vérification, éd. Odile Jacob, Paris.

....[1988] “Des Carrés qui ne tournent pas rond et de quelques autres”, CDRS n° 56, pp. 139-152.

Hall,A .R .[1957] The Scientific Revolution, ed. Beacon.

Hegel, G.W.F.[1949] Science de la Logique, Aubier, éd. Montaigne, Paris.

Heisenberg, W.[1955] Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science, New York.

Kopnine, Pavel [1976] Dialectique, Logique, Science (essai de recherche logique et gnoséologique), Editions du Progrès, Moscou .

Kuhn, T. [1962] The Structure of Scientific Revolutions, ed. University of Chicago Press, Chicago.IL.

.....[1970] “Logic of Discovery or Psychology of Research” in : Martin Curd and JA.Cover (eds.) Philosophy of Science: The Central Issues, ed.W.W.Norton and Company, New York..(1998). pp.11-19.

Lakatos,I. [1970] “Falsification and The Methodology of Scientific Research”, in I.Lakatos and Alan Musgrave (eds.) Criticism and The Growth of Knowledge, Cambridge University Press. Cambridge, pp.91-195.

.....[1971] “History of Science and its Rational Reconstructions”, in Boston in The Philosophy of Science, vol.8, edited by R.Buck and R.Cohen, pp.91 af.

........[1977] “Science and Pseudoscience”, in: Martin Curd and J.A. Cover (eds.) Philosophy of Science: The Central Issues, ed.W.W.Norton and Company, New York. 1998. pp. 20-26.

........[1978] The Methodology of Scientific Research Programmes, ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Laudan, Larry, [1987] La Dynamique de la Science, Trad. Philip Miller, éd. Piérre Mardaga, Bruxelles.

Magee, B. [1973] Karl Popper, Viking Press , New York.

.....[1979] Modern British Philosophy, Secker and Warburg, London.

Popper,K.R. [1959] The Logic of Scientific Discovery, 9th ed.Hutchinson, London, 1977.

......[1963] Conjectures and Refutations: TheGrowth of Scientific Knowledge, ed. Routledge and Kegan Paul, London.

عالم الفكر
العدد 2 المجلد 37 أكتوبر - ديسمبر 2008

استخدام نظرية المجموعات الضبابية في إيجاد الحل الأمثل لمسائل اتخاذ القرار المتعدد المعايير في الحقل الهندسي البيئي (*)

د. عادل عوض(**)
د. جمال عمران(***)
أ. أحلام محمد (****)

1 - مقدمة

لقد كان اهتمام العلماء والباحثين في مجالات الرياضيات والعلوم الهندسية منذ القديم هو التعبير عن الظواهر والعمليات التي تحكم الواقع بأسلوب وعلاقات رياضية من خلال متحولات ورموز يمكن من خلالها معالجة تلك الظواهر والتنبؤ بنتائجها.

وهكذا تبلورت علوم الرياضيات المختلفة، التي قامت بمعالجة النماذج الرياضية التي تعكس العلاقات المختلفة بين المتحولات بأسلوب قائم على المنطق الثنائي، وفي عام 1965 قدم لطفي زاده [1] مفهوما جديدا هو المنطق الضبابي الذي استطاع من خلاله التعبير عن المفاهيم بأسلوب أقرب إلى الطريقة التي يفكر بها الإنسان ويعبر من خلالها عن آرائه وأفكاره، وأيضا أقرب إلى طبيعة الأحداث التي تمثل واقع الإنسان والتي لا يمكن تمثيلها بشكل واضح إنما

(*) مثال تطبيقي: اختيار نظام معالجة مياه الصرف الصحي في المدن

(**) الأستاذ في قسم هندسة البيئة - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية، سورية.

(***) أستاذ مساعد في قسم هندسة وإدارة التشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية، سورية.

(****) طالبة ماجستير - دراسات عليا في قسم هندسة وإدارة التشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية، سورية.

هي أحداث غير واضحة المعالم (ضبابية)، وذلك بسبب طبيعة هذه الأحداث أو عدم المعرفة الكاملة بجميع جوانبها، وأحيانا ضعف القدرة على التمثيل الحقيقي لمعانيها ومدلولاتها الدقيقة، وبذلك أثبتت النظرية الضبابية قدرتها على تمثيل واقع الإنسان وطريقة تفكيره وعدم وضوح العلاقات الممثلة للمفاهيم المختلفة، وذلك من خلال رفض المفاهيم المطلقة في العلوم القائمة على المنطق الثنائي، وتبني مفهوم فلسفي جديد قائم على استخدام المفاهيم النسبية التي تعتمد على أسس التدرج بانتماء العناصر إلى المجموعات المختلفة من كونها تنتمي بدرجات تتراوح بين الصفر الذي يعني عدم الانتماء، والواحد الذي يعني الانتماء بدرجة كبيرة للعنصر إلى المجموعة المدروسة، وهنا يبرز مفهوم جديد وهو درجة الانتماء أو العضوية للعناصر الذي يمثل درجة القناعة بمدى انتماء العنصر إلى مجموعة محددة (مجموعة ضبابية) أو مدى تحقيق العنصر للهدف المحدد والذي يُحدَّد من خلال ما يسمى تابع العضوية (Membership function) الذي يمكن أن يأخذ أشكالا مختلفة لا يمكن تحديدها بسهولة، وإن هذا المفهوم لدرجات العضوية يثبت إمكان انتماء العنصر إلى أكثر من مجموعة وبدرجات عضوية مختلفة، وهنا لا بد من الإشارة إلى أن مجموع درجات العضوية لعنصر ما في المجموعات الضبابية ليس من الضروري أن يساوي الواحد [2].

إن المنطق الضبابي يعتمد على التعبير عن الأحداث بصورة تتناسب مع المعنى الملائم لطبيعتها غير المؤكدة أو غير الواضحة، أي بالصورة الضبابية ومعالجتها على هذا النحو للوصول إلى تقييم نهائي للنتائج المتعلقة بها، أي أن المنطق الضبابي هو نمذجة الأحداث أو الظواهر بأسلوب يعترف فيه بوجود غموض وعدم دقة قائم على الطبيعة المبهمة أو الضبابية لهذه الأحداث أو عدم القدرة على التعبير عنها بشكل دقيق بسبب قصور لغة البشر عن تحقيق هذه الغاية، فتعبير «جيد» مثلا لا يعطي دلالة دقيقة عن مدى جودة الشيء الموصوف بهذه الكلمة، وبذلك نبه المنطق الضبابي إلى ضرورة إعادة التفكير القائم على المنطق الثنائي للأحداث واستبدال به منهجية تفكير أوسع وأكثر واقعية، حيث يقول آينشتاين [3]: «مادامت القوانين الرياضية تصف واقعنا فهي غير مؤكدة، أو أنها مؤكدة فهي لا تصف واقعنا».

يهدف البحث إلى تزويد صانع القرار في مجال الهندسة البيئية بمنهجية علمية تعتمد على النظرية الضبابية لجعله قادرا على إعطاء قرارات بدرجة عالية من الموثوقية في المسائل المتعددة المعايير، هذه المنهجية تأخذ بعين الاعتبار مشكلة عدم التأكد (Uncertainty) المتضمنة في المسائل المتعددة المعايير هذه، وإيجاد خوارزمية تراكب ذكية للأنواع المختلفة من البيانات من أجل الحصول على قيمة تُقيِّم من خلالها درجة أفضلية كل بديل على البدائل الأخرى مطبقين ذلك على اختيار نظام لمحطة معالجة لمياه الصرف الصحي.

٢ - المنهجية والطرائق

ستُستخدَم مفاهيم النظرية الضبابية ومبادئها لتحقيق هدف هذا البحث، مطبقين ذلك على مثال من الواقع العملي في مجال تحديد النظام الأمثل لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة اللاذقية الساحلية في سورية.

٣ - اتخاذ القرار المتعدد المعايير (MCDM)

إن دراسة وتحليل مسائل القرار (Decision problems) في مشاريع الهندسة المدنية يحتاجان إلى أخذ جميع التأثيرات التي يمكن أن تؤثر في عملية صنع القرار، وإن معظم هذه المسائل هي مسائل اتخاذ قرار متعدد المعايير (Multi criteria decision making MCDM)، حيث لا يوجد حل يحقق الأمثلة (Optimization) بالنسبة إلى جميع المعايير، لكن الحل الأمثل هو حل وسط (توافقي) (Compromise solution) بالنسبة إلى جميع المعايير المؤثرة في عملية اتخاذ القرار.

«يعتمد الحل الوسط بشكل كبير على صانع القرار نفسه، وعلى الظروف التي نعالج بها عملية القرار، وعلى الشكل الذي نمثل فيه المشكلة، وعلى الطريقة المتبعة للوصول إلى الحل» [4] [5].

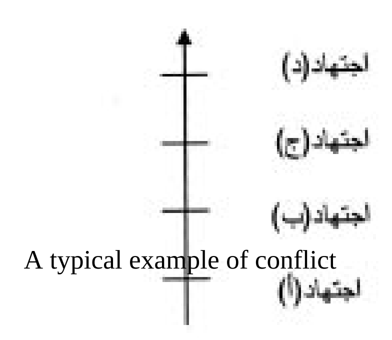
لذا كان لا بد من إيجاد منهجية للتعامل مع هذا النوع من المسائل (المتعددة المعايير)، حيث يجب على صانع القرار معالجة معايير متناقضة (Conflicting criteria) وأخرى متوافقة (Supporting criteria)، ليصل في النهاية إلى اختيار الحل الأمثل .(Optimum solution)

يمكن توضيح مفهوم المعايير المتصارعة والمعايير المتوافقة رياضيا كما يلي:

إذا كانت لدينا مجموعة من المعايير التي نعبر عنها من خلال مجموعة من توابع الهدف:

$$\{f_1(x), f_2(x) \dots f_k(x)\}$$

- f_i يوافق fj إذا كان $f_i(x_1) > f_i(x_2)$ و $f_j(x_1) > f_j(x_2)$ وذلك من أجل جميع قيم x.
- f_i يناقض f_j إذا كان $f_i(x_1) > f_i(x_2)$ و $f_j(x_2) > f_j(x_1)$ وذلك من أجل جميع قيم x.
- f_i و f_j مستقلان أحدهما عن الآخر في الحالات الأخرى.



A typical example of conflict

Supportive Functions

إن وجود المعايير المتناقضة في عملية تحليل القرار المتعدد المعايير يجعل هذه المعايير معتمدة بعضها على بعضها الآخر، الأمر الذي يجب أخذه بعين الاعتبار في أثناء عملية التحليل، حيث إن هذه المعايير لا يمكن تحليلها والتعامل معها كمعايير مستقلة عن بعضها البعض.

بشكل عام يمكن تقسيم عمليات صنع القرار المتعدد المعايير (MCDM) إلى مجموعتين:

صنع القرار المتعدد الأهداف (Multi objective decision making MODM)، وصنع القرار المتعدد الصفات أو المعايير (Multi attribute decision making MADM)[6] .

- صنع القرار المتعدد الأهداف (MODM)، حيث تكون عملية البحث عن إيجاد قيم مثلى لمجموعة من المتغيرات (Variables)، ويكون شكل النموذج الرياضي للمسألة عبارة عن مجموعة من التوابع الهدف (Objective functions) التي يمكن أن تكون Maximum أو Minimum ومجموعة من الشروط المقيدة، أي أن عملية النمذجة بهذا الشكل تكون معرفة بشكل مستمر (Continuous situation).

- صنع القرار المتعدد الصفات أو المعايير (MADM)، حيث تكون عملية النمذجة من أجل مقارنة مجموعة من البدائل أو الحلول المتاحة أو المتوافرة، التي تخضع إلى معايير معتبرة تكون

عملية التقييم للبدائل من خلالها، إن هذا الشكل من النماذج الرياضية يتعامل مع المسائل ذات الحلول المتعددة (Multiple solutions) بشكل أفضل من تقنيات الأمثلة التقليدية (Conventional optimization techniques)، حيث يكون بالإمكان تصنيف مجموعة الحلول أو البدائل وفق الأفضلية، وذلك وفق منهجية محددة يتم من خلالها تراكب (Aggregation) القيم التي تقيم كل بديل وفق المعايير المختلفة، وبالتالي الحصول على الحل الأمثل (Optimal solution).

إن تحليل المسألة المتعددة الحلول والمعايير يحتاج إلى الاهتمام بجانبين مهمين:

١ - تحديد مجموعة البدائل المتوافرة وذلك بناء على معطيات معينة تحددها طبيعة المسألة.

٢ - تحديد مجموعة المعايير التي تتم عملية تقييم البدائل من خلالها، حيث يجب الإحاطة بجميع المعايير والمقيدات التي يمكن أن تكون مؤثرة في عملية التحليل والتقييم.

إننا نحتاج إلى حلول MCDM يتمكن فيها صاحب القرار من الأخذ بعين الاعتبار جميع العوامل التي تؤثر في عملية اتخاذ القرار كالخبرة، والحدس أو الاعتقاد، وعلى الرغم من تزايد الغموض، وعدم التأكد من البيانات التي نحصل عليها، فكلما استطعنا جمع كمية أكبر من المعلومات، استطعنا فهم وتحليل المسألة بشكل أفضل [7][8]، إذ إن عملية اتخاذ القرار المتعدد المعايير تتطلب تحليلا لهذا القرار للوصول إلى اختيار الحل الأمثل من خلال منهجية علمية تستند إلى قواعد ومبادئ علمية. والسؤال المطروح هنا هو ما تحليل القرار؟

إنه مجموعة من طرق تحليل النظم وبحوث العمليات التي يمكن أن تستخدم في مجال واسع من عمليات تحليل القرار [9][10].

وبشكل عام فإن على صانع أو محلل القرار أن يتبع الخطوات التالية:

- تحديد البدائل التي تشكل مجموعة الحلول المتاحة حيث إن هذه البدائل تشكل مجال البحث عن الحل الأمثل الذي يُختَار بناء على منهجية تحليلية للمسألة.

- تحديد المعايير المؤثرة في عملية اتخاذ القرار، التي تُقيَّم من خلالها مجموعة البدائل، وهنا يجب الأخذ بعين الاعتبار جميع هذه المعايير لأن إغفال أي منها سيغير في النتيجة التي نحصل عليها.

- جمع البيانات اللازمة لعملية تقييم البدائل.

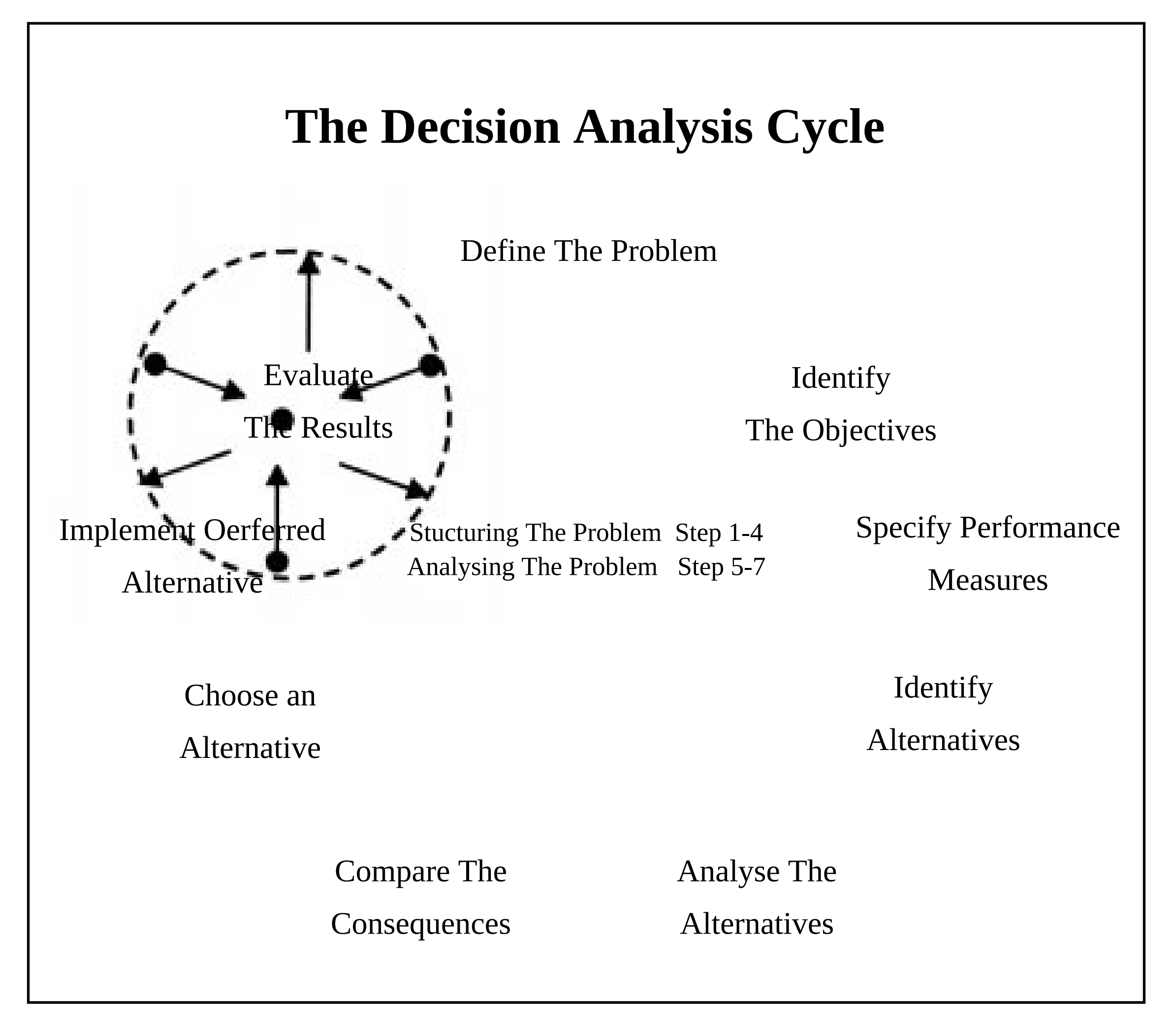
- تحديد طريقة لتراكب ومعالجة البيانات (حيث إن تقييم كل بديل من البدائل يكون بالنسبة إلى جميع المعايير وبشكل منفصل عن البدائل الأخرى)، وبعدها يمكن اختيار الحل الأمثل من بين مجموعة الحلول المحددة.

الشكل رقم (1) يمثل المراحل المختلفة لتحليل القرار (Decision analysis).

أشار زلني[11] إلى الظروف أو العوامل (Circumstances) التي يمكن أن تؤثر في عملية تحليل القرار:

- عدم توافر الوقت اللازم لمعالجة المسألة يقلل من المعايير المأخوذة بعين الاعتبار في عملية اتخاذ القرار.

- نحتاج إلى أخذ عدد أقل من المعايير عندما تكون المسألة معرفة بشكل كامل ودقيق، حيث إن المعايير المؤثرة فقط تؤخذ بعين الاعتبار.



الشكل (١): دورة تحليل القرار (١٢)

- إن صانع القرار الذي لا يخضع إلى أي قيود جانبية في معالجة المسألة يستطيع أخذ عدد أكبر من المعايير بعين الاعتبار.

- إن المعرفة الكاملة والشاملة للمسألة تمكن من تحديد جميع المعايير المؤثرة، وعلى العكس من ذلك فإن المعرفة غير الكاملة للمسألة سوف تؤثر بشكل كبير في المعايير المحددة لعملية تحليل القرار، أي إغفال بعض المعايير المؤثرة.

- إن الجهات أو التنظيمات التي تحرص على إيجاد حل يحقق إجماع معظم الآراء عليه يقلل من عدد المعايير التي تدخل في عملية التحليل، وذلك لتحقيق الإجماع المطلوب.

حدد روا [13] خمسة شروط مقيدة (Limitations) تؤثر في عملية تحليل القرار المتعدد المعايير:

- إن الحد الفاصل بين الحلول المقبولة والحلول المرفوضة غير واضح، أي ضبابي (Fuzzy) ولا يمكن تحديده ببساطة.

- إن الأفضلية (Preference) التي يحددها صانع القرار (أفضلية بديل بالنسبة إلى بديل آخر) تتضمن قدرا كبيرا من عدم التأكد (Uncertainty) والغموض.

- وجود عدة أشخاص يتدخلون في عملية صنع القرار.

- تفتقر البيانات أو المعلومات المتوافرة والمستخدمة في عملية التحليل إلى الدقة في أغلب الأحيان.

- النموذج الرياضي المستخدم في نمذجة المسألة المتعددة المعايير.

عموما إن تحليل المسائل المتعددة المعايير لاختيار حل أمثل من بين مجموعة البدائل (الحلول) المحددة يكون من خلال إنجاز مرحلتين:

١ - تراكب (Aggregation) قيم الأداء (Performance) للبدائل المختلفة بالنسبة إلى جميع المعايير.

٢ - ترتيب البدائل وفق الأفضلية واختيار الحل الأمثل.

ويمكن تصنيف المعلومات المتوافرة والمستخدمة في عملية التحليل التي تعتمد على طبيعة البدائل وعلى درجة معرفة الخبراء للبدائل إلى نوعين أساسيين [6]:

البيانات العددية (Numerical information)، والبيانات اللغوية أو اللفظية (Linguistic information):

- **البيانات العددية**: التي تستخدم الأرقام للتعبير عنها حيث إن هذه الأرقام يمكن أن تكون أرقاما صحيحة أو حقيقية، ويمكن التمييز بين حالتين:

- القيم التي تمثل قياسا حقيقيا (مثلا تكلفة كل بديل).

- القيم التي تمثل قياسا نسبيا لبديل بالنسبة إلى بديل أخر (مثلا تكلفة بديل بالنسبة إلى بديل آخر)، ويمكن أن نسمي هذه القيم درجات الأفضلية .(Preference degrees)

- **البيانات اللغوية أو اللفظية**:

حيث يكون من الصعب التعبير عن المعلومات أو البيانات بوساطة أرقام إنما بشكل وصفي (جيد، وسط، سيئ...).

يمكن أيضا تصنيف مسائل اتخاذ القرار المتعدد المعايير بعدة طرق [5] إحدى هذه الطرق تميز بين حالتين: الأولى يكون فيها صانع قرار واحد مسؤولا عن عملية اتخاذ القرار المتعدد

المعايير (Single decision maker)، والثانية يكون فيها مجموعة من الأشخاص المسؤولين عن عملية اتخاذ القرار GDM (Group decision makers).

وهناك تصنيف آخر يميز بين المسائل المتعددة المعايير من خلال ثلاث طرق هي:

- **طرق محددة أو مقررة (Deterministic)**: تعتبر أن جميع العناصر الداخلة في عمليات صنع القرار (بدائل، معايير) محددة ومعروفة تماما.

- **طرق احتمالية عشوائية (Stochastic)**: تعتبر أن عناصر عملية صنع القرار هي متغيرات عشوائية، وتتبع الطرق الاحتمالية في معالجة المسألة المتعددة المعايير.

- **طرق ضبابية (Fuzzy)**: تأخذ في الاعتبار عدم التأكد وعدم الدقة المتضمنة في البيانات المستخدمة في عملية صنع القرار.

هناك أيضا تصنيفات أخرى متعددة متعلقة بعمليات صنع القرار المتعدد المعايير.

وتجدر الأشارة إلى أنه عند معالجة مسائل القرار المتعدد المعايير فإن البيانات الخاضعة للتحليل هي بيانات غير متجانسة المقاييس، وبالتالي يجب توحيد المقاييس إلى مقياس واحد من أجل جميع المعايير، بالإضافة إلى ذلك فإن كل معيار من المعايير يقيم أداء كل بديل بشكل مستقل عن البدائل الأخرى، إذا يجب إيجاد طريقة لتراكب (Aggregation) البيانات وذلك من أجل كل بديل من البدائل للحصول على قيمة يمكن تقييم درجة أفضلية كل بديل من خلالها، إذن يمكن تعريف عملية التراكب هذه على النحو التالي: هي عملية تركيب (Combining) للقيم المتعددة الموافقة للمعايير المتعددة، وذلك من أجل الحصول على قيمة وحيدة ممثلة لجميع القيم [14].

٤ - أهمية عمليات اتخاذ القرار المتعدد المعايير (MCDM) في الهندسة البيئية

إن الحصول على الحل الأمثل لمسائل صنع القرار تأخذ أهمية خاصة في مشاريع الهندسة المدنية ومنها البيئية، كونها ذات طبيعة متعددة المعايير والبدائل، حيث إن معظم المشاريع هذه تحتاج إلى وقت طويل وكلفة عالية، بالإضافة إلى الصلة الوثيقة لهذه المشاريع بالأوضاع السياسية والاقتصادية والاجتماعية، لذلك من الأفضل دراسة المسألة دراسة شاملة من جميع الجوانب، وهذا ما تحققه المنهجية المتبعة في عمليات صنع القرار المتعدد المعايير.

تصاغ المسألة المتعددة البدائل والمعايير في مشاريع الهندسة المدنية من خلال النظر إلى المسألة من عدة مستويات، منها المستوى الاستراتيجي الذي يقصد به - على سبيل المثال - موقع المنشأة، النظام الإنشائي المتبع... حيث إنه يمكن اختيار مواقع متعددة للمنشأة المطلوبة، أويمكن أن تتوافر عدة أنظمة إنشائية (أو أنظمة معالجة) تؤدي الغرض المطلوب من المنشأة المطلوب إنشاؤها، والمستوى التخطيطي حيث تتوافر تقنيات إنشائية مختلفة، مواد وآليات متعددة يمكن استخدامها بطرق مختلفة لتنفيذ عملية التشييد، والمستوى التنفيذي الذي يهتم بالتفاصيل المتعلقة بتنظيم موقع العمل. أي إن المراحل المختلفة التي يمر بها مشروع التشييد،

بالإضافة إلى التأثيرات المختلفة للمشروع في الناس، وفي البيئة، وفي الدولة... ستكون عناصر أساسية وفعالة في صياغة وتحليل المسألة المتعددة المعايير(MCDM)، أي تحديد البدائل والمعايير المؤثرة.

إن اختيار النظام الأمثل لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي يؤدي دورا كبيرا في حماية البيئة، ويأخذ أهمية كبيرة في البلدان النامية حيث يُختار عادة نظام للمعالجة من دون إجراء الدراسة الكافية، خاصة أن هناك عددا كبيرا من الأنظمة المستخدمة عالميا لمعالجة مياه الصرف الصحي. إن عملية اتخاذ القرار في هذه الحالة تخضع لمعايير اقتصادية وبيئية وتقنية ومحلية يجب أخذها بعين الاعتبار، لذلك فقد هدف هذا البحث إلى مساعدة صاحب القرار على اختيار نظام أمثل وصديق للبيئة لمعالجة مياه الصرف الصحي، مطبقين ذلك على مدينة اللاذقية في سورية.

٥ - مسائل الـ MCDM وظاهرة عدم التأكد

لقد اعتبرت الطرق الأولية التي استخدمت لحل مسائل القرار المتعدد المعايير أن المعلومات التي نحصل عليها والمستخدمة لإيجاد الحل الأمثل هي معلومات أكيدة ودقيقة، وهذا يناقض الحقيقة، حيث إن معظم هذه البيانات يخضع للارتياب أو عدم الدقة، لذلك كان لا بد من تطوير طرق حديثة تأخذ بعين الاعتبار وجود عدم التأكد هذا خلال معالجة البيانات للحصول على حل أمثل وواقعي، ويمكن أن يعود عدم التأكد هذا إلى الأسباب التالية [15]:

- الطبيعة المتغيرة للبيانات (البيانات المتعلقة بالطقس، أو بالنمو الاقتصادي، أو التغير في طبيعة التربة...).

- عدم الدقة في البيانات الذي يظهر عندما تكون هذه البيانات مرتبطة بقياسات، وذلك بسبب أن أدوات القياس لا تتمتع بالدقة الكافية، أو أن البيانات المتعلقة بالبدائل والمعايير غير معروفة بشكل دقيق ومفصل.

- البيانات النوعية ذات الطبيعة الوصفية (Linguistic)، وذلك عندما نستخدم التعابير اللغوية للتعبير عن البيانات.

لقد أجريت أبحاث كثيرة لحل مشكلة عدم التأكد، اعتمد بعضها على نظرية الاحتمالات التي اعتبرت وجود متغيرات عشوائية لحل هذه المشكلة، لكن هذا الاعتبار لا يحل مشكلة عدم التأكد نفسها، التي يمكن أن نجد لها حلا اعتمادا على النظرية الضبابية، حيث تكون جميع البيانات ممثلة فيها على شكل عتبات ثقة (Confidence intervals) أو درجات عضوية (Mem-bership degrees).

٦ - منهجية المنطق الضبابي (Fuzzy Logic Methodology)

قُدِّم مفهوم النظرية الضبابية من قبل أحمد لطفي زاده [1]، حيث إن تقييم عنصر ما ضمن مجموعة لن يكون كما في المنطق الثنائي (Binary logic) (نعم أو لا، 0 أو 1)، إنما بدرجات

عضوية تقع بين 0 و1 محددة بوساطة توابع رياضية، وبذلك نتمكن من:

- توحيد القيم غير المتجانسة إلى مقياس واحد متجانس وذلك من أجل جميع المعايير المختلفة المقاييس.

- جعل المقياس موحدا وقيمه محصورة بين 0 و1، وهذا يسهل التعامل مع البيانات ومعالجتها.

- إعطاء درجات عضوية وفق توابع رياضية (عضوية) (Membership functions) لمعالجة ظاهرة الارتياب. في الحقيقة إن تحديد الشكل الصحيح لهذه التوابع هو مسألة ليست سهلة ويعتمد بشكل كبير على صانع القرار نفسه وعلى طبيعة المسألة والبيانات.

يمكننا تعريف تابع العضوية (عضوية عنصر في مجموعة) على الشكل التالي:

تابع العضوية هو تابع تكون بوساطته القيم متدرجة من كونها مقبولة بدرجة كبيرة، أي بدرجة عضوية كبيرة أو كاملة إلى القيم التي تكون مرفوضة تماما، أي بدرجات عضوية صفرية، حيث إن هذا التدرج (درجات العضوية) يعبر عنه بقيم تتراوح بين 0 و1.

مما سبق نجد أن عناصر نظرية الـ Fuzzy ممثلة بـ:

- مجموعات ضبابية .(Fuzzy sets).
- توابع عضوية (Membership functions).
- درجات عضوية (Membership degrees).

إن تمثيل المجموعة الضبابية يمكن أن يعبر عنه بثنائيات مؤلفة من مجموعة العناصر المؤلفة للمجموعة الضبابية ودرجات العضوية لهذه العناصر في المجموعة الضبابية المدروسة والمحددة بوساطة توابع العضوية وذلك على الشكل التالي:

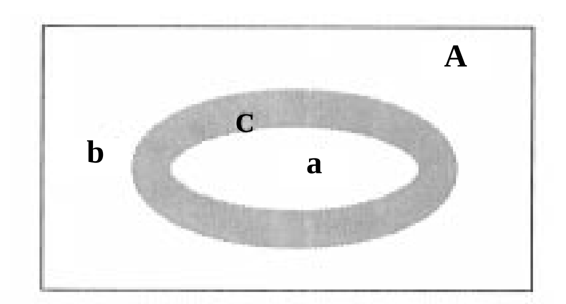
$$A=\{x,\mu_A(x): x \in X\}$$

حيث إن $\mu_A(x)$ درجة العضوية للعنصر x من مجموعة العناصر الكلية X في المجموعة الضبابية A، وإن درجة العضوية هذه تعبرعن الدرجة التي يقترب بها العنصر x من الهدف الذي نريد تحقيقه، أي درجة الثقة لمقدار تحقيق العنصر للهدف، أي إن المجموعة الضبابية هي مجموعة من العناصر المرافقة بدرجات عضوية مختلفة في هذه المجموعة.

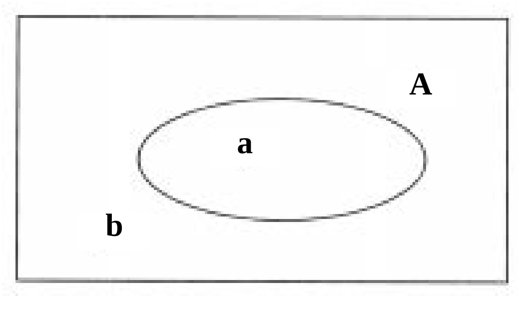
ويمكن تمثيل المجموعة الضبابية بالشكل:

$$A=\left\{ \frac{\mu A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu A(x_2)}{x_2} + \ldots\ldots \right\}$$

حيث إن علامة الجمع لا يقصد بها الجمع الجبري وإنما مجموعة العناصر المؤلفة للمجموعة الضبابية، والكسر لا يقصد به التقسيم وإنما مجرد رمز [16].



Fuzzy Logic



Binary Logic

الشكل (2): مقارنة بين المنطق الثنائي والمنطق الضبابي

ويمكن توضيح الفرق بين المنطق الضبابي والمنطق الثنائي بيانيا على الشكل (2):

ففي المنطق الثنائي إما أن تنتمي العناصر إلى المجموعة (العنصر a) وإما لا تنتمي إلى المجموعة (العنصر b)، أما في المنطق الضبابي فإن العنصر يمكن أن ينتمي إلى المجموعة بدرجات عضوية تتراوح بين 0 و1 $(0 \leq \mu_A(c) \leq 1)$.

تابع العضوية (Membership function)

تابع العضوية الخطي (linear function)

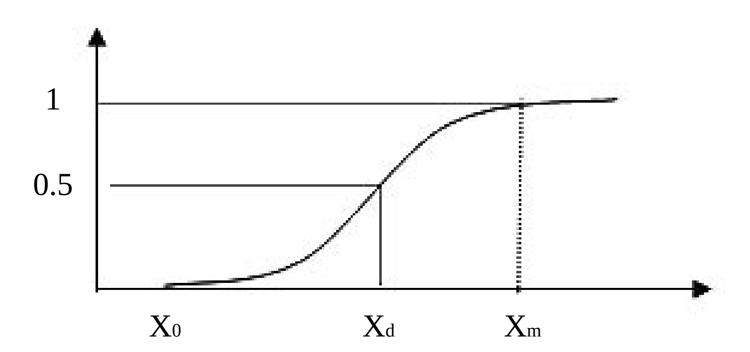
إن تابع العضوية يمكن أن يأخذ شكلا خطيا (مستقيما أو مثلثا أو شبه منحرف):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x \leq x_0 \\ 1 - \dfrac{x - x_0}{x_m - x_0} & x_0 < x < x_m \\ 1 & x \geq x_m \end{cases}$$

حيث إن x_0، x_m نقاط حدية تُحدَّد من خلال البيانات المدروسة.

تابع العضوية اللاخطي (nonlinear function)

إن تابع الـ Spline هو تابع لاخطي (nonlinear function) يحقق انسيابية أكبر لدرجات العضوية التي تأخذها العناصر على طول هذا التابع ويشكل حالة وسطية بين التفاؤل والتشاؤم لقيم العضوية[17] وتمكن ملاحظة ذلك من خلال الشكل رقم (3) الذي يمثل أحد أشكال هذا التابع:



الشكل (3): **Spline function**

وقد أثبت هذا التابع أهميته بشكل كبير في كثير من مسائل صنع القرار المتعدد المعايير [17]، ويمكن تعريف هذا التابع على الشكل التالي:

$$\mu A(x_1) = \begin{cases} 0 & x \leq x_0 \\ D + CX + BX^2 + AX^3 & x_0 \leq x \leq x_d \\ H + GX + FX^2 + EX^3 & x_d \leq x \leq x_m \\ 1 & x_m \leq x \end{cases} \quad (1) \; *$$

حيث إن النقاط: x_m ،x_d ،x_0 هي نقاط مساعدة متعلقة بالبيانات المدروسة:

$(X_0, 0), (X_d, 0.5), (X_m, 1)$

أي أنه وفق قيمة x التي تمثل قيمة أحد البيانات فإن درجة العضوية $\mu_A(x)$ لـ x تأخذ قيمة $\mu_A(x) = 0$ إذا كان $x \leq xo$، وتأخذ قيمة تحسب من المعادلة: $\mu_A(x)=D+CX+BX^2+AX^3$ إذا كان $xo \leq x \leq x_D$، وتأخذ قيمة تحسب من المعادلة $\mu_A(x)= H+GX+FX^2 +EX$ إذا كان $x_d \leq x \leq x_m$، أما إذا كان $x_m \leq x$ فإن $\mu_A(x) =1$، وذلك بعد حساب قيم الثوابت (المعاملات) كما يلي:

يتم حساب المعاملات (H, B, A......) من حل جملة المعادلات التالية:

$$Ax_0^3 + Bx_0^2 + C x_0 + D = 0 \quad (1)$$
$$Ax_d^3 + Bx_d^2 + Cx_d + D = 0.5 \quad (2)$$
$$Ex_d^3 + Fx_d^2 + Gx_d + H=0.5 \quad (3)$$
$$Ex_m^3 + Fx_m^2 + Gx_m + H=1 \quad (4)$$
$$3A x_0^2 + 2Bx_0 + C=0 \quad (5)$$
$$3E x_m^2 + 2Fx_m + G=0 \quad (6)$$
$$3A x_d^2 + 2Bx_d + C-3Ex_d^2- 2Fx_d- G = 0 \quad (7)$$
$$6A x_d+ 2B - 6Ex_d - 2F = 0 \quad (8)$$

(2)(*)

حيث حصلنا على المعادلات (1) و (2) و(3) و(4) من تعويض النقاط المساعدة x_0، x_d، x_m في المعادلتين:

$$\mu_A(x)=D+CX+BX^2+AX^3$$

$$\mu_A(x)=H+GX+FX^2+EX^3$$

وعلى المعادلتين (5) و(6) من اشتقاق المعادلتين (1) و(4) على الترتيب، وعلى المعادلة (7) من ناتج طرح اشتقاق المعادلة (3) من اشتقاق المعادلة (2)، وعلى المعادلة (8) من اشتقاق المعادلة (7).

فمن أجل المحافظة على السياق نفسه، ولكي تبقى القيم محصورة بين 0 و1 يجب تحقيق العلاقة التجريبية التالية:

$$-1+\sqrt{2} \leq \frac{x_m - x_d}{x_d + x_0} \leq 1+\sqrt{2} \quad (9)$$

وبذلك يتم تعريف التابع بشكل كامل، ويمكن تحديد درجات العضوية المتعلقة بالبيانات المدروسة في المجموعات الضبابية وفق قيمة هذه البيانات.

وفي ما يلي نقدم منهجية مهمة معتمدة على المنطق الضبابي، وهي نظرية مجموعة البيانات اللغوية الأساسية، مع توضيح ذلك في إيجاد الحل الأمثل لمسألة هندسية بيئية.

6 - مجموعة التعابير اللغوية الأساسية BASIC LINGUISTIC TERM SET (BLTS)

يمكن استخدام المنهجية القائمة على الـ BLTS [18] في الحالات التي تكون فيها البيانات بأنماط مختلفة وهي: إما عددية (Numerical)، وإما تتراوح ضمن مجال معين (Interval valued)، أو لغوية (Linguistic)، وأيضا تصح عندما تكون هذه البيانات من مصادر (خبراء) مختلفة، أو أن مجموعة من صانعي القرار يشاركون في عملية اتخاذ القرار (Group decision making GDM)، حيث إن كل خبير e^k يقدم تقييمه لأفضلية البدائل بالنسبة إلى بعضها، على شكل مصفوفة نسميها مصفوفة الأفضلية (Preference matrix):

$$Pe_{ek} = \begin{Bmatrix} P^k_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & P^k_{1n} \\ \vdots & \cdot & \cdot & \cdot & \vdots \\ P^k_{n1} & \cdot & \cdot & \cdot & P^k_{nn} \end{Bmatrix}$$

حيث إن Pij درجة أفضلية البديل X_i على البديل X_j:

$$P_{ij} \in [0, 1]$$

- إن هذه الطريقة تتضمن ثلاث مراحل:

- توحيد المقياس (Unification).
- تراكب القيم (Aggregation).
- التحويل إلى 2-tuple (Transformation).

- عندما تكون البيانات بشكل تعابير لغوية Linguistic terms، يجب التعبير عنها عدديا، وذلك من أجل تسهيل التعامل معها رياضيا، فمثلا إذا كانت لدينا مجموعة التعابير اللفظية Semantics التالية لتقييم أفضلية البدائل بالنسبة إلى بعضها بعضا:

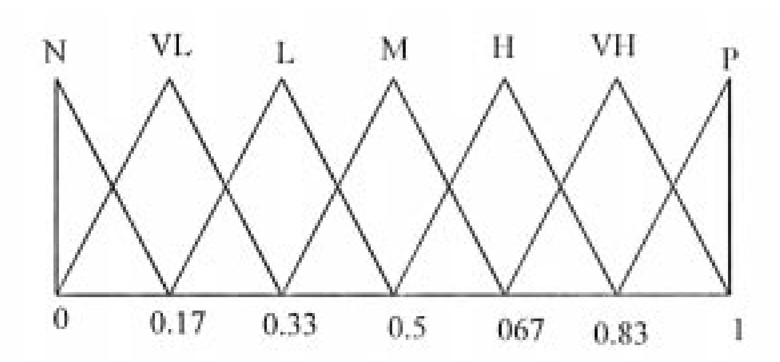
S = {s_0=none (مرفوض)، s_1=very low (منخفض جدا)، s_2=low (منخفض)، s_3=medium (متوسط)، s_4=high (عال)، s_5=very high (عال جدا)، s_6=perfect (ممتاز)

فإنه يمكن تمثيل هذه التعابير بأرقام ضبابية (Fuzzy numbers) تقع قيمها في المجال [0-1]، وهذه الأرقام الضبابية يمكن أن تأخذ شكلا مثلثيا (Triangular fuzzy numbers)، وذلك على الشكل التالي:

p=perfect= (.83, 1, 1) , VH= very high (.67, .83, 1) , H=high= (.5, .67, .83) ,
M=medium=(.33, .5, .67) , L=low=(.17, .33, .5) , VL=very low=(0, .17, .33) ,
N=none= (0, 0, .17).

لقد تم تمثيل كل تعبير لغوي برقم ثلاثي Triangular، حيث تم تقسيم المجال [0-1] في الحالة السابقة إلى سبعة أقسام: خمسة أقسام وسطية متساوية، وقسمان طرفيان متساويان.

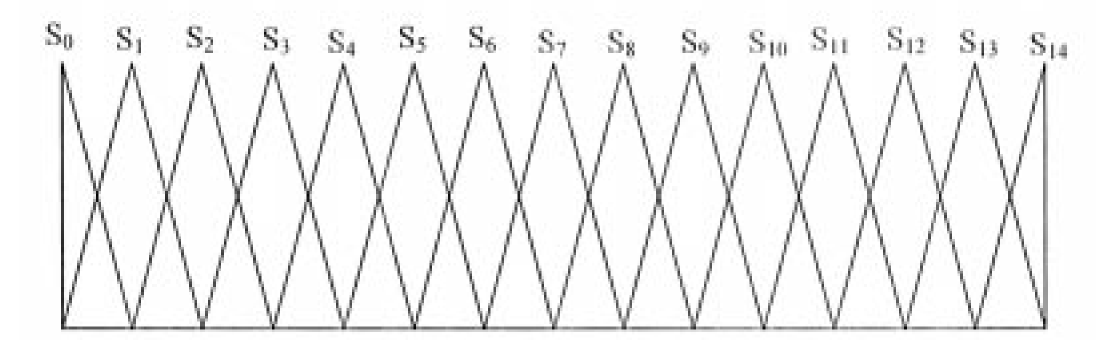
ويمكن توضيح ذلك من خلال التمثيل البياني الوارد في الشكل رقم (4):



A set of seven terms with theirs semantics

الشكل (4): مجموعة تعابير لغوية مؤلفة من سبعة تعابير

ويمكن أن تأخذ هذه التعابير تمثيلا آخر وذلك وفق البيانات المدروسة (الشكل رقم 5)



A BL TS with 15 terms

الشكل (5): مجموعة تعابير لغوية مؤلفة من 15 تعبيرا لغويا

إن هذه الأرقام الضبابية يمكن تمثيلها بشكل شبه منحرف في بعض الحالات.

- في هذه المنهجية (BLTS) يوجد رمزان: s التي تعبر عن تعبير لغوي (Linguistic term)، وa التي تعبر عن قيمة عددية، حيث إن هذين الرمزين يشكلان الـ 2-tuple في هذا النموذج، ومن خلالهما نحصل على التقييم النهائي للحلول (البدائل).

وسيتم توضيح المراحل المتتالية الثلاث لهذه المنهجية من خلال الخطوات التالية:

1 - **تحويل جميع البيانات إلى مجموعات ضبابية F (st) Fuzzy Sets**:

لكن قبل إجراء هذه الخطوة يجب تحديد BLTS، وهي مجموعة البيانات اللغوية التي سيتم نقل جميع البيانات إليها. الشكل رقم 4 يمثل إحدى المجموعات اللغوية التي يتم تحويل جميع البيانات إليها، ويمكن اختيار BLTS (كما في الشكل 5)، وفق البيانات والمعلومات المتوافرة، حيث إن هذه البيانات تمثل قيم أفضلية البدائل بالنسبة إلى بعضها البعض، التي تكون بأنماط مختلفة:

1 - 1 - **تحويل القيم العددية (Numerical values) إلى F(st)**: وذلك باستخدام التابع τ_{Nst}، حيث إن هذه القيمة العددية سوف تنتمي إلى كل مجموعة ضبابية من الـ BLTS بقيمة انتماء (Membership degree).

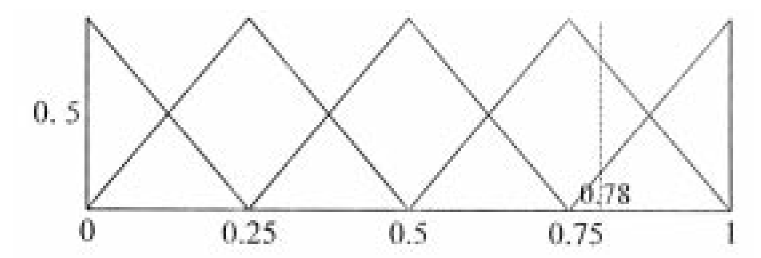
$$\tau_{NS_T} : [0,1] \longrightarrow F(S_T)$$
$$\tau_{NS_T}(V) = \{(S_0,\gamma_0),\ldots\ldots,(S_g,\gamma_g)\}, \quad S_i \in S_T \ \ and\ \ \gamma_i \in [0,1]$$

$$\gamma_i = \mu_n(v) = \begin{cases} 0 & if \quad v \notin \sup port\ (\mu_n(x)) \\ \dfrac{v-a_i}{b_i-a_i} & if \quad a_i \le v \le b_i \\ 1 & if \quad b_i \le v \le d_i \\ \dfrac{c_i-v}{c_i-d_i} & if \quad d_i \le v \le c_i \end{cases}$$

إن التابع $\tau_{N_{st}}$ يحول القيمة العددية v التي تنتمي إلى المجال [0-1] إلى مجموعة البيانات اللغوية الضبابية $F(S_t)$، حيث إن هذه القيمة العددية تأخذ درجة عضوية $[0\text{-}1] \in v_i$ في كل مجموعة فرعية si من المجموعة اللغوية $s_i \in st\ (s_t)$، وتُحدَّد درجة العضوية v_i وفق التابع السابق ووفق القيمة العددية v.

في الحالة الخاصة فإن الشكل تابع العضوية يكون مثلثيا $(b_i=d_i)$.

والمثال التالي يوضح عملية التحويل المبينة في الشكل رقم (6).



الشكل (6): حويل القيمة العددية 0.78 إلى مجموعة البيانات اللغوية

إن تحويل القيمة العددية 0.78 إلى مجموعة البيانات اللغوية الضبابية $s=\{s_0,....s_4\}$ يعطي النتيجة التالية:

$$\tau_{N_{st}}(0.78) = \{(s_0,0), (s_1,0), (s_2,0), (s_3,0.88), (s_4,0.12)\}$$

1 - 2- **تحويل التعابير اللغوية** s **إلى** F(st) **وذلك باستخدام التابع** τ_{sst}:

$\tau_{sst}: s \longrightarrow F\ (st)$

Where s= $\{L_0,...L_p\}$ and $s_t= (s_0,....s_g)$ be two linguistic term sets

$\tau_{sst}(L_i) = \{s_k,\gamma_{ki}\}/k\in\{0,...g\}$

γ_{ki}=max min $\{\mu_{li}(y), \mu_{sk}(y)\}$

حيث إن μli وμsk درجات العضوية المرافقة للمجموعات الضبابية التي تمثل التعابير اللغوية وذلك في جملتي التعابير *Li* و *sk* على الترتيب، حيث إن التابع τsst يحول التعبير اللغوي $S \in Li$ إلى جملة التعابير اللغوية الضبابية F(st)، حيث إن هذا التعبير اللغوي يأخذ درجة عضوية $\gamma_{ki} \in [0\text{-}1]$ في كل مجموعة فرعية sk من المجموعة اللغوية (S_t) $S_k \in S_t$، حيث $k \in \{0,....g\}$ وتُحدَّد درجة العضوية γ_{ki} وفق التابع السابق، والمثال التالي يوضح ذلك:

ليكن لدينا مجموعة التعابير اللغوية $S=\{L_0,....L_4\}$ ومجموعة التعابير اللغوية الأساسية الضبابية التي تحوّل التعابير اللغوية إليها $S_t=\{s_0,....s_6\}$، حيث إن تمثيل مجموعتي التعابير

بأرقام ضبابية على الشكل التالي (الشكل رقم 7).

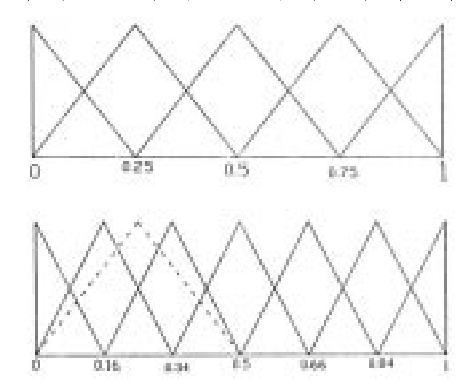
l_0=(0,0,0.25) , l_1=(0,0.25,0.5) , l_2=(0.25,0.5,0.75) , l_3=(0.5,0.75,1), l_4=(0.75,1,1)

s_0=(0,0,0.16) s_1=(0,0.16,0.34) s_2=(0.16,0.34,0.5)

s_3=(0.34,0.5,0.66), s_4=(0.5,0.66,0.84 , s5=(0.66,0.84,1), s_6=(0.84,1,1).

إن تحويل التعبير اللغوي L_1 إلى مجموعة التعابير اللغوية الضبابية يعطي النتيجة التالية:

$\tau sst(l_1)=\{(s_0,0.39), (s_1,0.85), (s_2,0.85), (s_3,0.39), (s_4,0), (s_5,0), (s_6,0)\}$



الشكل (7): **تحويل التعبير اللغوي** $l_1 \in s$ **إلى مجموعة البيانات اللغوية الضبابية** S_t

ملاحظة: عندما تكون التعابير اللغوية متطابقة مع مجموعة البيانات اللغوية المختارة فإن درجة العضوية لتعبير لغوي ما تكون مساوية للصفر في جميع المجموعات الضبابية باستثناء درجة العضوية في المجموعة التي تتطابق مع التعبير المدروس حيث تكون مساوية (1).

1 - 3 - **تحويل القيم على شكل مجالات** Interval valued **إلى** F(st):

ليكن لدينا المجال الذي قيمه بين 0 و1 فإنه يمكن تمثيل تابع العضوية على الشكل التالي:

$$\mu_i(v)=\begin{cases}0 & if\ v \prec \underline{i}\\ 1 & if\ \underline{i} \le v \le \bar{i}\\ 0 & if\ \bar{i} \prec v\end{cases}$$

حيث إن v قيمة محصورة بين 0 و1، إن تابع التحويل إلى F(st) كما يلي:

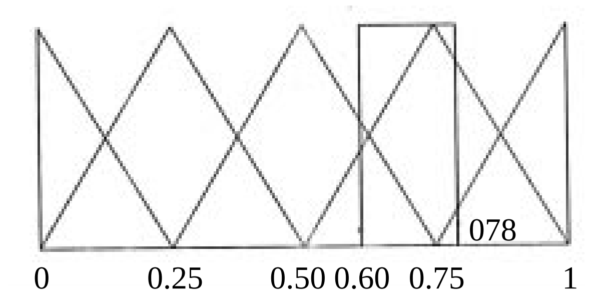
$$\tau_{IS_T} : I \longrightarrow F(S_T)$$
$$\tau_{IS_T}(I)=\{(S_K,\gamma_K^i)/K\in\{0,....g\}\}$$
$$\gamma_K^i=\max_y \min\{\mu_i(y),\mu_{sk}(y)\}$$

حيث إن μ_I و μ_{sk} درجات العضوية المترافقة مع المجموعات الضبابية المجالية وذلك في المجموعتين I, S_k على الترتيب، حيث إن التابع τ_{Ist} يحول القيمة المجالية I إلى مجموعة التعابير اللغوية الضبابية F(S_t)، حيث إن هذه القيمة المجالية تأخذ درجة عضوية في كل

مجموعة فرعية s_k من المجموعة اللغوية (st) حيث $S_k \in {}_{st}$ ، $k \in \{0...g\}$ ، ويتم تحديد درجة العضوية وفق التابع السابق، والمثال التالي يوضح ذلك:

إن تحويل القيمة المجالية [0.6-0.78] إلى مجموعة التعابير اللغوية الضبابية المؤلفة من خمسة تعابير باستخدام التابع τ_{Ist} يعطي النتيجة التالية (الشكل رقم 8).

$$\tau_{Ist}([0.6\text{-}0.78])=\{(s_0,0), (s_1,0), (s_2,0.6), (s_3,1), (s_4,0.2)\}$$



الشكل (8)**: تحويل القيمة المجالية** [0.6-0.78] **إلى مجموعة البيانات اللغوية الضبابية** S_t

بعد إجراء عمليات التحويل نحصل على مصفوفة الأفضلية (preference matrix) على الشكل التالي:

$$p_k = \begin{pmatrix} p^k_{11} = \{(s_0, \gamma^{11}_{k0}),....(s_g, \gamma^{11}_{kg})\} & .... & p^k_{1n} = \{(s_0, \gamma^{1n}_{k0}),....(s_g, \gamma^{1n}_{kg})\} \\ & .... & \\ p^k_{n1} = \{(s_0, \gamma^{n1}_{k0}),....(s_g, \gamma^{n1}_{kg})\} & .... & p^k_{nn} = \{(s_0, \gamma^{nn}_{k0}),....(s_g, \gamma^{nn}_{kg})\} \end{pmatrix}$$

حيث إن p_{ij}^k درجة أفضلية البديل x_i على البديل x_j وذلك من وجهة نظر الخبير e^k، التي كانت قبل عملية التحويل قيمة عددية أو تعبيرا لغويا أو قيمة مجالية وتم تحويلها باستخدام التوابع السابقة إلى مجموعة التعابير اللغوية الضبابية $F(S_t)$.

2 - **تراكب قيم الأفضلية (Aggregation preference values)**

في هذه المرحلة يجب تراكب البيانات المختلفة من الخبراء والتي تم تحويلها إلى $F(st)$، حيث يمكن استخدام المتوسط الحسابي (Arithmetic mean) لهذه الغاية، أي أنه في هذه المرحلة يتم تراكب مصفوفات الأفضلية التي تم الحصول عليها (كل مصفوفة موافقة لبيانات خبير) في مصفوفة واحدة كل عنصر من عناصرها هو مجموعة التعابير اللغوية الضبابية المترافقة بدرجات عضوية لكل مجموعة فرعية من المجموعات اللغوية الضبابية، حيث إن درجة العضوية هذه هي متوسط حسابي لدرجات العضوية التابعة لمصفوفات الأفضلية للبدائل والمثال الذي سيأتي ذكره لاحقا يوضح ذلك.

3 - التحويل إلى 2- tuple (Transformation into 2-tuple):

في هذه الخطوة سنقوم باستخدام نوعين من التوابع، وذلك من أجل كل علاقة أفضلية بين البدائل في مصفوفة الأفضلية النهائية المجمعة، حيث تُحدَّد قيمة β باستخدام التابع الأول، ومن ثم α و si باستخدام التابع الثاني.

- التابع الأول:

$$\chi : F(S_T) \longrightarrow [0, g]$$

$$\chi(F(S_T)) = \chi\left(\{S_j, \gamma_j), j = 0, \ldots\ldots g\}\right) = \frac{\sum_{j=0}^{g} j\gamma_j}{\sum_{j=0}^{g} \gamma_j} = \beta$$

نُطبق هذا التابع X من أجل كل عنصر من عناصر مصفوفة الأفضلية المجمعة السابقة الذي يكون على شكل مجموعات لغوية ضبابية F(St) أي (Sj, yi), j =o...g) حيث g عدد المجموعات اللغوية الفرعية الضبابية.

- التابع الثاني:

$$\Delta : [0, g] \longrightarrow S \times [-0.5, 0.5]$$

$$\Delta(\beta)\begin{cases} S_i & i = round\ (\beta) \\ \alpha = \beta - i & \alpha \in [-0.5, 0.5] \end{cases}$$

نطبق هذا التابع Δ من أجل كل قيمة لـ β، التي حصلنا عليها باستخدام التابع X، وبذلك يمكن تحديد كل من si، α التي تشكل الـ 2-tuple التي تقيم البدائل بشكل نهائي من خلالها كما يلي:

لتكن لدينا النتيجتان التاليتان $(s_k, , \alpha_1)$ و (s_l, α_2) من أجل بديلين من مجموعة البدائل:

- إذا كان k < L فإن (s_k, α_1) أصغر من (s_l, α_2) وبالتالي فإن البديل ذا التقييم (s_l, α_2) أفضل من البديل ذي التقييم (s_k, α_1), والعكس بالعكس.

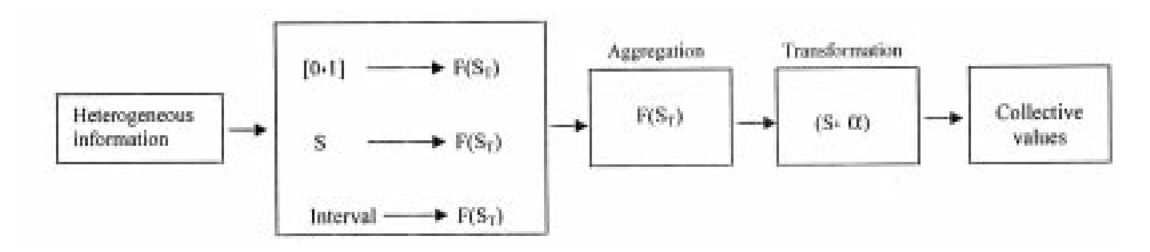
- إذا كان K = L فإن:

1 - $\alpha_2 = \alpha_1$ يكون البديلان متساويين.

2 - إذا كان: $\alpha_1 < \alpha_2$ فإن البديل ذا التقييم (s_l, α_2) أفضل من البديل ذي التقييم $(s_k, , \alpha_1)$.

3 - إذا كان: $\alpha_2 < \alpha_1$ فإن البديل ذا التقييم (s, α_1) أفضل من البديل ذي التقييم $.(s_k, , \alpha_2)$

يمكن تلخيص المراحل المتتالية الثلاث المذكورة سابقا من خلال الشكل (9).



Aggregation process for heterogeneous information

الشكل (9)**: تراكب المعلومات غير المتجانسة باستخدام الـ** BLTS [18]

والمثال التالي التطبيقي يوضح هذه المنهجية:

مسألة اختيار النظام الملائم لمعالجة مياه الصرف الصحي:

تحتاج مدينة ساحلية (اللاذقية) إلى اختيار نظام مناسب وأمثلي لمحطة معالجة لمياه الصرف الصحي فيها، حيث إنه يوجد عدد كبير من الأنظمة المعروفة عالميا والمستخدمة للغرض ذاته. وقد اختيرت مجموعة من الأنظمة الأشهر عالميا والمتاحة وذلك تبعا للظروف الخاصة بهذه المدينة وهي:

1 - الحمأة المنشطة التقليدية (Conventional Activated Sludge (AS.

2 - التهوية المديدة للحمأة المنشطة (Extended Aeration of AS (oxidation ditch) (EA.

3 - برك التهوية الطبيعية المهواة صنعيا (Oxidation/Aerated pond (OP.

4 - المصبات البحرية النظامية (Submarine Outfall (SO.

وقد أُخذت آراء ثلاثة خبراء حول أفضليات الحلول الأربعة بالنسبة إلى بعضها البعض، حيث أخذت بالاعتبارات التالية:

- اللاذقية مدينة ساحلية.
- عدد سكان المدينة حوالي 500 ألف.
- استهلاك الفرد الواحد من المياه (150L /day).
- ميزانية محدودة لتمويل المشروع.
- الخبرات التقنية والتنفيذية محدودة.

اعتمد الخبراء الثلاثة في آرائهم عن الأنظمة الأربعة على مجموعة من المعايير(الجدول رقم 1):

- فعالية المعالجة متضمنة مؤشرات التلوث وهي:

Biological Oxygen Demnd (BOD) الطلب الحيوي للأكسجين.

(Total Suspended Solids) TS S المواد العالقة الكلية.

(Faceal Coliform) FC العصيات الكوليفورمية الغائطية.

(Total Nitrogen) TKN النيتروجين الكلي.

- التكلفة (متضمنة التكلفة الأساسية وكلف التشغيل والصيانة)

- سهولة إنجاز العمليات المتعلقة بالنظام المختار (متضمنة إمكان التوسع في محطة المعالجة، الخبرات المطلوبة للتنفيذ...).

- التلوث البيئي الناتج (متضمنا الضجيج، الحمأة الناتجة، الروائح، تلوث المياه، التأثير في الصحة العامة).

- درجة القبول للنظام المختار من قبل الناس والمؤسسات الحكومية.

- المتطلبات من الأرض التي سوف يقام عليها المشروع.

قام الخبير الأول بإعطاء معلوماته على شكل بيانات عددية (numerical values) p_1^n في المجال [0-1]، وأعطى الخبير الثاني معلوماته على شكل تعابير لغوية (linguistic terms) p_2^8 بينما أعطى الخبير الثالث معلوماته على شكل مجالات (interval valued) p_3^i في المجال[0-1] ، وذلك على النحو التالي حيث تم اعتماد الترتيب التالي لمقارنة البدائل الأربعة:

البديل الأول	1. Conventional Activated Sludge (AS)
البديل الثاني	2. Extended Aeration (EA) (such as oxidation ditch)
البديل الثالث	3. Oxidation Pond/Aerated Lagoon (OP)
البديل الرابع	4. Submarine Outfall(SO)

وقد اكتفينا هنا بثلاثة خبراء قدموا المعرفة بثلاثة أنماط كونها تغطي البيانات بأشكالها المتنوعة الممكنة

الجدول رقم ١- تقييمات للأنظمة الأربعة لمعالجة مياه الصرف الصحي تبعاً للمعايير الأساسية

المعيار \ العملية		Weighting coefficient	Conventional Activated Sludge (AS)	Extended Aeration (EA) (oxidation ditch)	Oxidation Pond /Aerated Lagoon (OP)	Submarine Outfall (SO)
معايير رئيسة	معايير ثانوية					
فعالية المعالجة	BOD	30	+2	+2	+2	+2
	TSS		-1	+2	+2	+2
	FC		-1	-1	-1	+1
	TKN		-1	-1	+1	+1
التكلفة	كلفة رئيسة	25	VH	H	M	M
	تشغيل و صيانة		VH	M	M	M
سهولة العمليات	إمكانية التوسع	15	H	H	M	M
	مقاومة الصدمات		L	M	H	VH
	الحركة المطلوبة		VH	H	M	L
التأثير البيئي	الروائح والضجيج	10	VL	VL	H	H
	الحمأةالناتجة		VH	M	M	VL
	تلوث المياه		VL	VL	L	M
	الصحة العامة		H	H	M	M
القبول المجتمعي	القبول	10	+2	+2	-1	+1
	المعرفة		+2	+1	+1	+1
	المتطلبات المؤسساتية		+2	+2	+1	+1
مساحة الأرض		10	L	H	M	VH
إجمالي		100				

+2: مفضل كثيرا / فعال جدا +1: مفضل / فعال

-2: غير مفضل أبدا / غير فعال أبدا -1: غير مفضل / غير فعال

VL: منخفض جدا L: منخفض M: متوسط H: جيد VH: جيد جدا

8 - 1 **طريقة (تحليل المنفعة - القيمة) التقليدية** Traditional Method of Valued Benefit Analysis

تتضمن الجداول التالية تحويل التعابير اللغوية والقيم الواردة في الجدول رقم 1 - إلى مقياس تتراوح قيمه من 1إلى 5.

الجدول (2): تحويل التعابير اللغوية إلى المقياس [5-1] لمعيار سلبي

التمثيل حسب المقياس	التعبير اللغوي
5	VL
4	L
3	M
2	H
1	VH

الجدول (3): تحويل التعابير اللغوية إلى المقياس [5-1] لمعيار إيجابي

التمثيل حسب المقياس	التعبير اللغوي
١	VL
٢	L
٣	M
٤	H
٥	VH

الجدول (4): تمثيل الأرقام حسب المقياس [5-1]

التمثيل حسب المقياس	الرقم
١	-٢
٢	-١
٣	١
٤	٢

يقصد بالمعيار السلبي أنه كلما كانت قيمة هذا المعيار التابعة لبديل ما منخفضة كان البديل مرغوبا أكثر، ويعطي بالتالي قيمة أكبر على مقياس [5-1].

يقصد بالمعيار الإيجابي أنه كلما كانت قيمة هذا المعيار التابعة لبديل ما مرتفعة كان البديل مرغوبا أكثر، ويعطي بالتالي قيمة أكبر على مقياس [5-1].

الجدول (5): تقييمات الأنظمة الأربعة لمعالجة مياه الصرف الصحي تبعا للمعايير الأساسية بعد تحويلها إلى مقياس [1-5]

العملية / المعيار		Weighting coefficient	Conventional Activated Sludge (AS)	Extended Aeration (EA) (oxidation ditch)	Oxidation Pond /Aerated Lagoon (OP)	Submarine Outfall (SO)
معايير رئيسة	معايير ثانوية					
فعالية المعالجة	BOD	30	٤	٤	٤	٤
	TSS		٢	٤	٤	٤
	FC		٢	٢	٢	٣
	TKN		٢	٢	٣	٣
التكلفة	كلفة رئيسة	25	١	٢	٣	٣
	تشغيل و صيانة		١	٣	٣	٣
سهولة العمليات	إمكانية التوسع	15	٤	٤	٣	٣
	مقاومة الصدمات		٢	٣	٤	٥
	الخبرات المطلوبة		٥	٤	٣	٢
التأثير البيئي	الروائح والضجيج	10	٥	٥	٢	٢
	الحمأةالناتجة		١	٣	٣	٥
	تلوث المياه		٥	٥	٢	٣
	الصحة العامة		٢	٢	٣	٣
القبول المجتمعي	القبول	10	٤	٤	٢	٣
	المعرفة		٤	٣	٣	٣
	المتطلبات المؤسساتية		٤	٤	٣	٣
مساحة الأرض		10	٤	٢	٣	١
إجمالي		100				

بتطبيق طريقة «تحليل المنفعة - القيمة» التقليدية التي يمكن استخدامها في طريقتنا هذه:

$$V_j = \sum v_j \times w_i$$

حيث إن: w_i معامل التثقيل للمعيار i.

v_j قيمة المعيار للبديل المدروس j.

V_j أفضلية البديل j.

الجدول (6)**: التقييم النهائي للبدائل بالاعتماد على طريقة** Value Benefit Analysis

البديل	الأفضلية
Conventional Activated Sludge (AS	8.05
Extended Aeration (EA) (oxidation ditch	9.3
Oxidation Pond /Aerated Lagoon (OP)	9
Submarine Outfall (SO)	9.5

نلاحظ من الجدول السابق أن نظام المعالجة لمياه الصرف الصحي وهو المصب البحري النظامي Submarine Outfall هو البديل الأفضل باعتباره ذا القيمة الأكبر وذلك وفق طريقة Value Benefit Analysis.

8 - 2 **طريقة مجموعة التعابير اللغوية الأساسية:**

آراء الخبيرالأول:

$$p_1^N = \begin{pmatrix} - & 0.35 & 0.55 & 0.4 \\ 0.2 & - & 0.6 & 0.3 \\ 0.55 & 0.4 & - & 0.3 \\ 0.2 & 0.15 & 0.7 & - \end{pmatrix}$$

حيث إن أفضلية البديل الأول على البديل الثاني هي 0.35 وعلى البديل الثالث هي 0.55 وعلى البديل الرابع هي 0.4، وإن أفضلية البديل الثاني على البديل الأول هي 0.2 وعلى البديل الثالث هي 0.6 وعلى البديل الرابع هي 0.3، وإن أفضلية البديل الثالث على البديل الأول هي 0.55 وعلى البديل الثاني هي 0.4 وعلى البديل الرابع هي 0.3، وإن أفضلية الرابع على البديل الأول هي 0.2 وعلى البديل الثاني هي 0.15وعلى البديل الثالث هي 0.7

آراء الخبير الثاني:

$$p_2^S = \begin{pmatrix} - & M & H & M \\ L & - & H & M \\ H & M & - & L \\ L & VL & VH & - \end{pmatrix}$$

حيث إن أفضلية البديل الأول على البديل الثاني هي M(Medium)، وعلى البديل الثالث هي H(High)، وعلى البديل الرابع هي M(Medium)، وإن أفضلية البديل الثاني على البديل الأول هي L(Low)، وعلى البديل الثالث هي H(High)، وعلى البديل الرابع هي M(Medium)، وإن أفضلية البديل الثالث على البديل الأول هي) H(High) على البديل الثاني هي-M(Medi um)، وعلى البديل الرابع هي L(Low)، وإن أفضلية الرابع على البديل الأول هيL(Low) وعلى البديل الثاني هي VL(Very Low)وعلى البديل الثالث هي VH(Very High) .

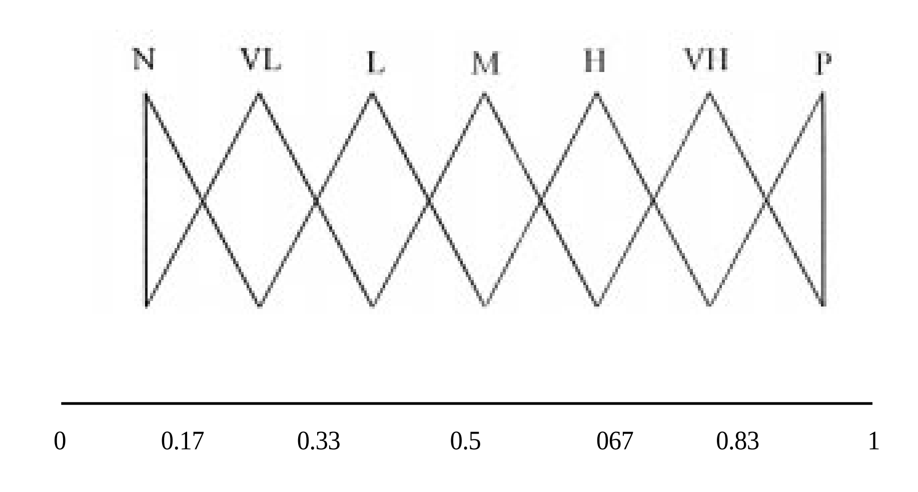
آراء الخبير الثالث:

$$P_3^{\,I}= \begin{pmatrix} - & [0.3,0.4] & [0.45,0.6] & [0.2,0.6] \\ [0.2,0.4] & - & [0.4,0.7] & [0.25,0.6] \\ [0.3,0.65] & [0.2,0.5] & - & [0.25,0.4] \\ [0.1,0.35] & [0.05,0.25] & [0.5,0.85] & - \end{pmatrix}$$

حيث إن أفضلية البديل الأول على البديل الثاني هي [0.3-0.4]، وعلى البديل الثالث هي [0.45-0.6]، وعلى البديل الرابع هي [0.2-0.6]، وإن أفضلية البديل الثاني على البديل الأول هي [0.2-0.4] وعلى البديل الثالث هي [0.4-0.7]، وعلى البديل الرابع هي [0.25-0.6]، وإن أفضلية البديل الثالث على البديل الأول هي [0.3-0.65] وعلى البديل الثاني هي[0.2-0.5] وعلى البديل الرابع هي [0.25-0.4]، وإن أفضلية الرابع على البديل الأول هي [0.1-0.35]وعلى البديل الثاني هي [0.05-0.25] وعلى البديل الثالث هي [0.5-0.85].

1 - **مرحلة التراكب** (aggregation phase):

- تحويل جميع المعلومات إلى معلومات بمقياس واحد، وذلك بنقلها إلى F(st) بعد اختيار مجموعة BLTS مناسبة، وقد تم اختيار المجموعة التالية:



تُحوَّل جميع عناصر المصفوفات الثلاث السابقة إلى F(st) وذلك باستخدام التوابع: τ_{Nst} وτ_{sst} وτ_{Ist}.

- من أجل القيم العددية نحصل على المصفوفة التالية:

$$P_1^N=\begin{pmatrix} - & (0,0,0.88,0.12,0,0,0) & (0,0,0,0.71,0.29,0,0) & (0,0,0.59,0.41,0,0,0) \\ (0,0.81,0.19,0,0,0,0) & - & (0,0,0,0.41,0.59,0,0) & (0,0.19,0.81,0,0,0,0) \\ (0,0,0,0.71,0.29,0,0) & (0,0,0.59,0.41,0,0,0) & - & (0,0.19,0.81,0,0,0,0) \\ (0,0.81,0.19,0,0,0,0) & (0.12,0.88,0,0,0,0,0) & (0,0,0,0,0.81,0.19,0) & - \end{pmatrix}$$

على سبيل المثال القيمة 0.55 تُحوَّل إلى F(st) باستخدام التابع τ_{Nst}، ونلاحظ أن هذه القيمة تقع خارج المجموعات (s_0,s_1,s_2,s_5,s_6)، وبالتالي فإن درجة عضويتها γ في هذه المجموعات تساوي الصفر، وتأخذ درجة عضوية γ في المجموعة s_3 والتي يتم الحصول عليها باستخدام التابع τ_{Nst} كما يلي:

$$\gamma_3(0.55)=\frac{c_i-v}{c_i-b_i i}=\frac{0.67-0.55}{0.67-0.5}=0.71$$

حيث إن:

$$v=0.55\ ,\ c_i=0.67\ ,\ b_i=0.5$$

$$\gamma_4(0.55)=\frac{v-a_i}{b_i-a_i}=\frac{0.55-0.5}{0.67-0.5}=0.29$$

ويبدو ذلك واضحا من الشكل رقم 5، أي أن:

$\tau_{Nst}(0.55)=\{(s_0,0), (s_1,0), (s_2,0), (s_3,0.71), (s_4,0.29), (s_5,0), (s_6,0)\}$.

$\tau_{Nst}(0.55)=(0,0,0,0.71,0.29,0,0)$.

- من أجل البيانات اللغوية التي يمكن التعبير عنها بأرقام ضبابية ثلاثية triangular fuzzy number على الشكل التالي:

p=perfect= (.83, 1, 1), VH= very high (.67, .83, 1), H=high= (.5, .67, .83),

M=medium=(.33,.5,.67), L=low=(.17,.33,.5) ,VL=very low=(0,.17,.33),

N=none= (0, 0, .17).

نحصل على المصفوفة التالية:

$$p_2^{S}=\begin{pmatrix} - & (0,0,0,1,0,0,0) & (0,0,0,0,1,0,0) & (0,0,0,1,0,0,0) \\ (0,0,1,0,0,0,0) & - & (0,0,0,0,1,0,0) & (0,0,0,1,0,0,0) \\ (0,0,0,0,1,0,0) & (0,0,0,1,0,0,0) & - & (0,0,1,0,00,0) \\ (0,0,1,0,0,0,0) & (0,1,0,0,0,0,0) & (0,0,0,0,0,1,0) & - \end{pmatrix}$$

على سبيل المثال يُحوَّل التعبير اللغوي H (High) إلى F(st) باستخدام التابع τ_{sst} ، ونلاحظ هنا أن مجموعة البيانات اللغوية متطابقة مع مجموعة البيانات اللغوية الضبابية الأساسية، لذلك فإن درجات العضوية لكل تعبير لغوي سوف تكون مساوية للصفر في جميع المجموعات الضبابية باستثناء المجموعة المتطابقة مع التعبير اللغوي المستخدم فتكون إذن مساوية 1.

τ_{sst} (H) ={(s_0,0), (s_1,0), (s_2,0), (s_3,0), (s_4,1), (s_5,0), (s_6,0)}

τ_{sst} (H) =(0,0,0,0,1,0,0)

- من أجل البيانات على شكل مجالات نحصل على المصفوفة:

على سبيل المثال تُحوَّل القيمة المجالية [0.3,0.4] إلى F(st) باستخدام التابع τ_{Ist}، ونلاحظ أن هذه القيمة المجالية تقع خارج المجموعات s0,s4,s5,s6، وبالتالي فإن درجة عضويتها γ في هذه المجموعات تساوي الصفر وتأخذ درجة عضوية γ في المجموعات s1, s2, s3 التي يتم الحصول عليهما باستخدام التابع τIst كمايلي:

γ_1 ([0.3-0.4])=max min {(1),(0.19,0)} = 0.19

γ_2 ([0.3-0.4])=max min {(1),(0.81,1,0.59)} = 1

γ_3 ([0.3-0.4])=max min {(1),(0,0.41)} = 0.41

τ_{Ist} ([0.3-0.4]) ={(s_0,0), (s_1,0.19), (s_2,1), (s_3,0.41), (s_4,0), (s_5,0), (s_6,0)}

τ_{Ist} ([0.3-0.4]) =(0,0.19,1,0.41,0,0,0)

أي أن درجة عضوية الأفضلية [0.3-0.4] هي 1 في مجموعة الأفضلية [0.3-0.4]، وأن درجة عضوية الأفضلية [0.3-0.4] في المجموعة الضبابية S_1 هي القيمة الأعظمية من درجات العضوية لـ 0.3-0.4 في المجموعة الضبابية S_1، أي القيمة الأعظمية من القيم (0,0.19) أي هي القيمة 0.19، وبالتالي فإن درجة العضوية لهذه الأفضلية [0.3-0.4] في المجموعة الضبابيةs1 هي القيمة الأصغرية لدرجتي العضوية لـ 0.3-0.4 في المجموعة الضبابية [0.3-0.4] وفي المجموعة الضبابية S_1 أي (0.19).

- تراكب المجموعات الثلاث لقيم الأفضلية: وذلك باستخدام المتوسط الحسابي (arithmetic mean) فنحصل على مصفوفة من الشكل:

$$\begin{pmatrix} - & (0,0.063,0.63,0.51,0,0,0) & (0,,0,0.1,0.57,0.63,0,0) & (0,0.27,0.53,0.8,0.2,0,0) \\ (0,0.54,0.73,0.14,0,0,0) & - & (0,0,0.2,0.47,0.86,0.06,0) & (0,,0.23,0.6,0.67,0.2,0,0) \\ (0,0.06,0.33,0.57,0.72,0,0) & (0,0.27,0.53,0.8,0,0,0) & - & (0,0.23,0.94,0.14,0,0,0) \\ (0.14,0.6,0.73,0.04,0,0,0) & (0.28,0.96,0.17,0,0,0,0) & (0,0,0,0.33,0.6,0.73,0.04) & - \end{pmatrix}$$

مـثـلا: تم الـتـعـبـيـر عن أفـضليـة البـديل الثـاني على البـديل الأول بالمجـمـوعـة (0,0.54,0.73,0.14,0,0,0) التي تم الحصول عليها بأخذ المتوسط الحسابي لأفضلية البديل الثاني على البديل الأول وفق الخبراء الثلاثة، التي حُوِّلت إلى F(St) كمايلي:

$$\frac{0+0+0}{3}=0 \quad ، \quad \frac{.81+0+.81}{3}=0.54 \quad ، \quad \frac{.19+1+1}{3}=0.73 \quad ، \quad \frac{.0+0+.41}{3}=0.14$$

$$\frac{0+0+0}{3}=0 \quad ، \quad \frac{0+0+0}{3}=0 \quad ، \quad \frac{0+0+0}{3}=0$$

-التحويل إلى 2-tuple وذلك باستخدام التابعين X وΔ للحصول على مصفوفة من الشكل:

$$P=\begin{pmatrix} - & (L,0.38) & (M,0.41) & (M,-0.48) \\ (L,-0.28) & - & (M,0.49) & (L,0.49) \\ (M,0.16) & (L,0.33) & - & (L,-0.07) \\ (VL,0.44) & (VL,-0.08) & (H,0.28) & - \end{pmatrix}$$

مثلا إن أفضلية البديل الثاني على البديل الأول (L, -0.28) تم الحصول عليها كمايلي:

$$\chi(0,.54,.73,.14,0,0,0)=\frac{\sum_{j=0}^{6} j\gamma_j}{\sum_{j=0}^{6}\gamma_j}$$

$$\chi(0,.54,.73,.14,0,0,0)=\frac{0\times0+1\times.54+2\times.73+3\times.14+4\times0+5\times0+6\times0}{0+.54+.73+.14+0+0+0}$$

$$\beta=1.72$$

$$\Delta(\beta)=\begin{cases} s_i=s_2=L(low) \\ \alpha=\beta-i=1.72-2=-0.28 \end{cases}$$

2 – مر

يمكن استخدام التابع التالي للحصول على التقييم النهائي لكل بديل من البدائل x_i أي درجة أفضلية كل بديل x_i على البدائل الأخرى وذلك من المصفوفة السابقة P:

$$\Lambda(x_i)=\frac{1}{n-1}\sum_{j=0,\, j\neq i}^{n}\beta_{ij}$$

حيث n عدد البدائل.

System 1	System 2	System 3	System 4
(M,-0.23)	(M,-0.43)	(L,0.47)	(L,0.21)

إن أفضلية البديل الرابع (النظام 4 من محطات المعالجة) system 4 مثلا تحسب كما يلي:

$$A(x_i) = \frac{1}{n-1}\sum_{j=0,j\neq i}^{n}\beta_{ij}$$

يتم الحصول على قيم β_{ij} من التابع χ كمايلي:

$$\beta_{41}=1.44$$
$$\beta_{42}=0.92$$
$$\beta_{43}=4.28$$
$$\Lambda(x_4) = \frac{1}{4-1}(1.44+0.92+4.28) = 2.21$$
$$\Rightarrow s = s_2 = L(Low), \alpha = 0.21$$

بحسب هذا التقييم فإن البديل الأول (النظام الأول من محطات المعالجة) x1 هو الحل الأمثل، حيث إن النتائج النهائية للبدائل كما يلي:

System 1	System 2	System 3	System 4
(s_3,-0.23)	(s_3,-0.43)	(s_2,0.47)	(s_2,0.21)

إن تقييم النظام الأول من محطات المعالجة هو ضمن المجموعة s_3(medium)، لكنه بقيمة تقل عنها بقليل 0.23-، بينما نجد أن تقييم الأنظمة الأخرى من المنشآت كما يلي :النظام الثاني ضمن المجموعة s_3(Medium) وبقيمة تقل عنها 0.43-، والنظام الثالث ضمن المجموعة s_2(Low)، والنظام الرابع ضمن المجموعة s_2(Low)، لذا سيكون الحل الأمثل باختيار محطة المعالجة وفق النظام الأول Activated sludge system (AS).

بمقارنة نتيجة طريقة مجموعة البيانات اللغوية الأساسية مع نتيجة الطريقة التقليدية (تحليل المنفعة - القيمة) نجد أن طريقة مجموعة البيانات اللغوية الأساسية أعطت نتيجة مختلفة أدق وأكثر موثوقية وهي اعتماد نظام المعالجة بالحمأة المنشطة. وتعود هذه الدقة إلى أن الطريقة التقليدية تقوم على تقدير البدائل من خلال نقاط محددة واحدة فقط، بينما نجد أن طريقة مجموعة البيانات اللغوية الأساسية تغطي مجالا واسعا جدا من النقاط.

الاستنتاجات (Conclusions)

- أهمية توسيع المعرفة بالطرق المستخدمة لمعالجة مسائل اتخاذ القرار المتعدد المعايير MCDM، وذلك لأن معظم المسائل التي تواجه المهندس المدني البيئي هي مسائل اتخاذ قرار متعدد المعايير، حيث لا يمكن اعتبار المسألة خاضعة لمعيار واحد أو معالجتها من وجهة نظر واحدة فقط.

- إن الأخذ بمفهوم نظرية المجموعات الضبابية في معالجة مسألة اتخاذ القرار المتعدد المعايير يعد مهما جدا، حيث إن البيانات في معظم الأحيان تتضمن ارتيابا ينبغي أخذه بعين الاعتبار.

- إن استخدام الطريقة التقليدية لتحليل المنفعة - القيمة أعطى أن النظام المناسب لمعالجة مياه الصرف الصحي هو المصب البحري النظامي.

- إن طريقة مجموعة التعابير اللغوية الأساسية (BLTS) تعالج مسألة اتخاذ القرار المتعدد المعايير بشكل شامل وواسع، وتأخذ بعين الاعتبار الأنماط المختلفة للبيانات المتوافرة والمصادر المختلفة لهذه البيانات، وقد استخدمت في حل مسألة اختيار النظام الأمثل لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة اللاذقية الساحلية في سورية من بين أربعة أنظمة محددة لمحطات المعالجة، حيث إن البيانات المتعلقة بأفضلية أنظمة المعالجة بالنسبة إلى بعضها تم جمعها من ثلاثة خبراء وبثلاثة أنماط مختلفة: عددية ولغوية على شكل مجالات. وقد تم التوصل إلى تحديد النظام الأمثل، وهو نظام الحماة المنشطة التقليدية (AS)، وذلك بالمقارنة مع الطريقة التقليدية لتحليل المنفعة - القيمة.

المراجع :

1. Zadeh. L. A. (1965). ?Fuzzy sets?. Journal of Information and Control. No. 8. PP. 338-353.
2. المحيمد محمد، حمدي حسني، القاهري حميد (1999) «المنطق الضبابي في اتخاذ القرارات». المجلة العربية للعلوم الإدارية. الكويت. المجلد الثالث. العدد الثاني 213 - 226.
3. Einstein. A. (1952). “The principle of relativity”. A Collection of Original Papers in the Special and General Theory of Relativity. New work.
4. Schreck. F. (2002). “Multi-criteria decision aid as a tool in the management of produced water in the offshore oil industry”. Master Thesis. Division of Land and Water Resources Engineering. Department of Civil and Environmental Engineering. Royal Institute of Technology. Stockholm.
5. Vincke. (1992). “Multi-criteria decision aid”. J Wiley. New York.
6. Matue. V. A. (2002). “Multiple criteria decision making method for heterogeous data sets”. Test doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.
7. Henig. M, Buchanan. J. T. (1996). “Solving MCDM Problems: Process Concepts”. Journal of Multicriteria Decision Analysis. No. 5. PP. 3-21.
8. Valls. A, Torra.V. “Using classification as an aggregation tool in MCDM”.(???) Departament d?Enginyeria Informàtica (ETSE). Universitat Rovira i Virgili. Carretera de Salou. s/n. E-43006 Spain). ،Tarragona (Catalonia
9. Bunn. D. W. (1984). “Applied decision analysis”. McGraw-Hill. Publishing Company. New York.
10. Seppälä. J. (2003). Life Cycle Impact Assessment Based on Decision Analysis. Helsinki University of Technology. Systems Analysis Laboratory Research. This report is downloadable at (www.sal.hut.fi/Publications/r-index.html).
11. Zeleny. M. (1992). “An essay into a philosophy of MCDM: A way of thinking or another algorithm”. Journal of Computers and Operations Research. No.19. PP. 563-566.
12. Petrie. J, Stewart. S, Basson. L, Notten. P, Alexander. B. (1997). “Use of life cycle assessment in effective environmental decision making: Structured Approaches to Decision Making for Cleaner Products and Processes”. Centre for Risk, Environment and Systems Technology and Analysis. Department of Chemical Engineering. University of Sydney
13. Roy. B. (1990). “Decision-Aid and Decision-Making”. In: Bana e Costa. C.A. (Ed.). Readings in Multiple Criteria Decision Aid. Berlin. PP. 17-35.
14. Grabisch. M, Orlovski. S, Yager. R. “Fuzzy aggregation of numerical preferences”. www-sysdef.lip6.fr/~grabisch/articles/handbook
15. Morillas. A, Díaz. B, González. J. (1996). “Fuzzy comparative concordance analysis:Proposal and evaluation by a case study”. University of Málaga (Spain). Dep. of Statistics and Econometrics, LIth International Conference of the Applied Econometrics Association. Lisboa (Portugal). Final version published in Estadística Española, n 142.

16 Ross. T. J (1997). “Fuzzy logic with engineering applications”. McGraw-Hill, New York.

17 Schwab, k. (1979). “Ein auf dem konzept der Unscharfen Mengen basúrendes Entscheidunysmysmodell bei mehrfachev Zúlsetzuny”. peter pan, Frankfurt am Main, Diss. A TH Aachen.

[18] Herrera. F, Martinez. L, Sanchez. P. J. (2004). “Managing non-homogeneous information in group decision making”. European Journal of Operational Research. (www.elsevier.com/locate/dsw).